

USO DE ESTRATEGIAS PASIVAS PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO Y
REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN VIVIENDA CAMPESTRE LOCALIZADA EN
ACACIAS META.



AUTOR

CHRISTIAN CAMILO SANABRIA CONTRERAS

Maestría en Diseño Sostenible

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Diseño

Julio 2018

USO DE ESTRATEGIAS PASIVAS PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO Y
REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN VIVIENDA CAMPESTRE LOCALIZADA EN
ACACIAS META.



CHRISTIAN CAMILO SANABRIA CONTRERAS

Trabajo final para optar el título de: Magister en Diseño Sostenible

Director

PhD. Arch. CLAUDIO VARINI

Maestría en Diseño Sostenible

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Diseño

Julio 2018



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Agradecimientos

En agradecimiento en primer lugar a Dios quien nos brinda la oportunidad a diario de seguir en pie de lucha y nos da todas las herramientas para cumplir nuestros objetivos, en agradecimiento a mis padres Dora Inés y Misael quienes con su apoyo y perseverancia me inculcan el ejemplo de ser una persona íntegra y de luchar por mis objetivos y mis sueños, pilares de mi vida y de mi profesión.

En agradecimiento a Paola Flórez por su apoyo incondicional durante el proceso de formación durante la maestría y la continua motivación para mi formación profesional, a mis hermanos sobrinos y demás familiares por depositar su confianza en mis conocimientos y capacidades.

Resumen

Dentro de la investigación, se tomará como línea base una casa de campo con las determinantes de diseño del municipio de Acacias-Meta, en donde se evaluarán los principios básicos de ventilación cruzada en pro de el no uso de equipos mecánicos para la reducción del consumo energético en el proyecto. Con esta evaluación y mediante simulaciones se identificarán los factores que influyen dentro de la temperatura operativa del proyecto y esta como afecta la condición de la ventilación cruzada frente a la materialidad del proyecto.

Con estas determinantes claras se podrá establecer un comparativo entre la línea base y las estrategias de mejoramiento para poder llegar al objetivo principal del no uso de ventilación mecánica y el uso de estrategias pasivas para la reducción del consumo de energía eléctrica en la vivienda, apuntando a dar respuesta a la mitigación para el cambio climático 2100.

Palabras clave

Diseño sostenible, estrategia de ventilación cruzada, vivienda campestre, confort térmico, consumo energético, ahorro energético

Abstract

Within the research a country house will be taken as a baseline with the design determinants of the municipality of Acacias-Meta. where the basic principles of cross ventilation will be evaluated in favor of the non-use of mechanical equipment to reduce consumption energy in the project. With this test, it is sought to identify through simulations the factors that influence the operational temperature of the project and how the condition of cross ventilation affects the materiality of the project.

With these clear determinants it will be possible to establish a comparison between the baseline and improvement strategies to reach the main objective of not using mechanical ventilation and the use of passive strategies to reduce the consumption of electricity in the home, aiming to respond to mitigation for 2100 climate change.

Keywords

Sustainable design, cross ventilation, Thermal comfort, Country house, Energetic consume, energy efficiency.

Contenido

Agradecimientos	iv
Resumen.....	v
Palabras clave.....	v
Abstract	vi
Keywords	vi
Descripción del proyecto	1
Propósito.....	1
Estado del arte	1
Estudio del Confort Térmico	33
Condiciones de análisis	33
Factores que intervienen en el confort	33
Objetivos	34
Objetivo General	34
Objetivos Específicos	34
Metodología	35
Estudio de Línea base de proyecto	37
Evaluación de materialidad de la línea base de estudio	37
Evaluación resultados del estado actual y propuesta de estrategias	38

Evaluación de línea base frente a normativa de ventilación	38
Edición de modelo de vivienda existente y propuesta de modelo con estrategias de diseño sostenible.....	38
Resultados de modelo propuesto.....	39
Resultados de simulaciones y aplicativos.	39
Línea base del proyecto	40
Contexto Regional.....	40
Historia de fundación.....	40
Cultura llanera	41
Demografía.	41
Compromisos para el cambio climático	43
Recolección de la información.....	45
Estaciones de monitoreo.....	45
Componente clima.....	45
Temperatura	46
Temperatura Mínima:	46
Componente radiación.....	48
Radiación Total	49
Radiación Difusa.	51
Radiación Directa.....	52

Conclusiones componente clima.....	53
Comportamiento Vientos Acacias Meta.	53
Temperatura y velocidad.....	55
Humedad relativa.....	55
Confort.....	57
Precipitaciones.....	58
Línea Base - Bariwá Condominio Campestre – Acacias Meta.....	60
Arquitectura y contexto local	62
Condición Normativa Acacias.	63
Norma aplicada al predio.....	63
Norma de uso.....	63
Ubicación del predio de implantación.	64
Lugar de implantación Bariwá.	66
Estrategias de implantación.....	67
Propuesta Programa y Distribución espacial línea base.....	67
Modelo arquitectónico línea base.....	68
Estrategias de orientación de volúmenes	70
Estrategias de orientación solar.....	70
Cerramientos	72
Aberturas	72

Programación	73
Estudio de tipologías y comportamiento	73
Conclusión de tipologías de vivienda por caracterización	75
Modelo de vivienda tipología en uso	75
Ocupación de la vivienda.	77
Disposición frente la asoleación.....	80
Materialidad Cerramientos existentes	81
Materialidad Cerramientos a proponer.....	82
Acabados línea base	83
Estudio componentes	87
Muros	87
Muros existentes línea base	87
Muro propuesto - Muro tipo 2	89
Muro propuesto tipo 3	91
Muro propuesto tipo 4	93
Conclusión de muros	96
MATERIALIDAD CUBIERTA	97
Cubierta línea base	97
Cubierta propuesta tipo 2	99
Cubierta propuesta tipo 3	100

Cubierta propuesta tipo 4	102
Estrategia cubierta verde	104
Propuesta.....	105
Comportamiento de ganancias internas	107
Ganancia en línea base	107
Ganancias en línea propuesta	108
Propuesta de redistribución modelo arquitectónico.	110
Planimetría Técnica redistribución.	112
Aperturas por espacio (ventanas – rejillas).	113
Línea base.....	113
Línea propuesta	116
Optimización de aperturas en alcoba auxiliar.	118
Optimización de aperturas en alcoba principal.	119
Optimización ventanas baños.....	120
Optimización ventanas zona social.	121
Conclusiones ventanas y rejillas	121
Comportamiento de ventilación.....	123
Análisis de vientos – CFD exterior	123
Conclusiones de análisis de vientos exteriores - computacional fluid Dynamic (CFD).	125
Ventilación espacios interiores.....	125

Ventilación batiente izquierda – temperatura y velocidad	126
Comportamiento de asoleación y sombras.....	130
Asoleación línea base mes marzo.....	130
Asoleación en la mañana	130
Asoleación en la Tarde	131
Asoleación línea base mes Agosto	131
Asoleación agosto en la Mañana	131
Asoleación agosto en la tarde	132
Diagnóstico ganancias solares línea base.....	133
Sombras Proyectadas línea propuesta	134
Solsticio de invierno	134
Estrategias aplicadas.....	135
Solsticio de verano.....	136
Resultados de estrategias	140
Ahorros energéticos y costos	146
Costo servicios públicos.....	146
Modelación del proyecto en EDGE	148
Valoración energía	149
Ahorro agua.....	152
Materiales	154

Conclusiones ahorros energéticos y costos	155
Conclusiones	156
Clima Anual:	156
Clima Diario:	156
Clima Diario:	157
Materialidad	157
Cubierta	158
Ganancias internas	159
Temperatura del aire:	159
Temperatura operativa	159
Humedad	159
Cumplimiento de los objetivos	160
Bibliografía	161

Listado de figuras

Figura 1 Ficha de clasificación Cambio climático - Región META - (IDEAM, 2015)	4
Figura 2 Lineamientos de consumo según uso (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2015, pág. 3)....	5
Figura 3 Tiempos de implementación de estrategias de ahorro según uso - (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2015, pág. 5).....	6
Figura 4 Porcentajes de ahorro que deberían cumplirse durante el segundo año de vigencia de la resolución (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2015, pág. 6)	7
Figura 5 Objetivos de desarrollo sostenible (SOSTENIBLE, 2018)	8
Figura 6 Índice de confort más relevantes, (Mondelo, 1995, pág. 16)	9
Figura 7 de recomendaciones por autor (Mondelo, 1995, pág. 144)	10
Figura 8 Tipos de aplicaciones de los sistemas (San Juan, 2013, pág. 67).....	13
Figura 9 Metodología de Diseño (San Juan, 2013, pág. 62)Al igual que la metodología usada por Fanger, el taller vertical usa una cualificación por estrategias, las cuales son las siguientes:	14
Figura 10 Etapas de valoración del diseño Bioclimático (San Juan, 2013, pág. 63)	15
Figura 11 Formulación de un proyecto Bioclimático (San Juan, 2013, pág. 81)	16
Figura 12 Escala de valoración de Fanger (ISO, 2005, pág. 6)	16
Figura 13 Valoración del bienestar térmico (ISO, 2005, pág. 8).....	17
Figura 14 Recomendaciones para el bienestar térmico en oficinas (ISO, 2005, pág. 13)	17
Figura 15 Recomendación para el bienestar térmico en oficinas (ISO, 2005, pág. 13).....	18
Figura 16 Recomendación para el bienestar térmico en oficinas (ISO, 2005, pág. 15).....	19

Figura 17 Renovaciones requeridas por área en la vivienda (ANSI/ASHRAE, Standard 62.2 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings - Building America Top Innovation, 2010, pág. 4).....	20
Figura 18 Renovaciones requeridas por área en la vivienda (ANSI/ASHRAE, Standard 62.2 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings - Building America Top Innovation, 2010, pág. 4).....	21
Figura 19 Tasas de flujo de aire de escape de ventilación local intermitente (ANSI/ASHRAE, Standard 62.2 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings - Building America Top Innovation, 2010, pág. 6).....	22
Figura 20 Grafica rango de Zona de confort, temperatura y humedad (ANSI/ASHRAE, Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy, 2010, pág. 6)	23
Figura 21 Rangos de temperatura operativa aceptable para espacios naturalmente acondicionados (ANSI/ASHRAE, Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy, 2010, pág. 12)	24
Figura 22 NBR 15.575 Brasil - cumplimiento estándar en verano de dormitorios y salas de estar viviendas en Brasil (RAQUEL DINIZ OLIVEIRA, 2015, pág. 2926)	28
Figura 23 Cuarta planta mediante Performance Clase de Edificio según RTQ-Ry POC y POD calculando al calor y estrés por frio con límites de aceptabilidad térmica 80% de la ASHRAE para el diseño OD-original, RD - diseño revisado con aislamiento añadida en azotea	29
Figura 24 Resumen de autores con postulados sobre el confort citados en estado del arte.....	32
Figura 25 Diagrama de seguimiento de cómo se aplica un modelo inductivo dentro de la investigación.	36
Figura 26 Iglesia parque principal de Acacias Meta.....	40

Figura 27 Indicadores de población Acacias Meta. Fuente DANE	42
Figura 28 En las gráficas podemos ver cómo se va presentando el crecimiento del casco urbano en el periodo de 2002 a 2015 se tiene un incremento del 70% frente a la densidad poblacional. 42	
Figura 29 Fotografía aérea de Google maps en donde se marca el perímetro urbano y se puede ver como el crecimiento del borde del casco urbano presenta una diferencia en la población de 15,989 habitantes.	43
Figura 30 Grafica de variaciones de escenario de cambio climático 2011-2100, en la Tabla No. se puede observar como dentro de la proyección en color rojo el incremento resulta ser crítico en comparativo de 2011 a 2100. (IDEAM, 2015, pág. 42)	44
Figura 31 Temperatura máxima, en esta Tabla No. podemos observar los valores de temperatura por meses y el promedio del mes en grados centígrados. - Fuente: Autor	46
Figura 32 Temperatura mínima promedio por mes, Fuente: Autor	47
Figura 33 Radiación en el municipio de Acacias meta, Fuente: Autor	48
Figura 34 Grafica de radiación total, esta grafica es construida mediante el archivo EPW y el programa Rhinoceros y Grass Hopper.....	49
Figura 35 Grafica de trayectoria solar y mejor orientación – Fuente: Weather tool Autor	50
Figura 36 Diagrama de radiación difusa	51
Figura 37 Diagrama de radiación directa, en la gráfica podemos ver como se presenta la radiación por colores, en donde la proximidad a color rojo es mayor intensidad y el tono azul es menor, se define en el centro la posición del elemento. Fuente: Weather tool -A	52
Figura 38 Grafica de dirección de vientos y temperatura del viento Fuente: Weather tool -Autor	53

Figura 39 Grafica de dirección de vientos y temperatura del viento Fuente: Weather tool -Autor	54
Figura 40 Promedio de vientos por mes: Fuente Autor	54
Figura 41 Diagrama de Humedad Relativa, Fuente: Software Weather tool - Autor	56
Figura 42 Humedad por meses	56
Figura 43 Confort en la zona fuente: Software Climate Consultant-Auto	57
Figura 44 Diagrama de confort, se identifica la banda azul como la zona de confort, Fuente: Software Climate Consultant-Autor	57
Figura 45 Precipitaciones promedio mensuales Fuente: Autor	58
Figura 46 promedio de precipitación diario Fuente: Autor	59
Figura 47 Renders del proyecto Bariwá Fuente: Autor	61
Figura 48 Identificación de predio sobre Google maps Fuente: Autor	64
Figura 49 Plano de zonificación normativa POT, afectaciones ambientales. Fuente: Autor	65
Figura 50 Ubicación de cuerpos verdes dentro del predio de implantación.	66
Figura 51 Paso uno de distribución de programa arquitectónica Fuente: Autor	69
Figura 52 Paso 2 de distribución según uso y ventilación Fuente: Autor	69
Figura 53 Paso tres, orientación de los espacios por asoleación Fuente: Autor	69
Figura 54 Programación de actividad modelo base zonificado Fuente: Software Design Builder - Autor	71
Figura 55 Programación de materiales de muros y envolventes Fuente: Software Design Builder - Autor	72
Figura 56 Programación de aberturas de volumen Fuente: Software Design Builder - Autor	72
Figura 57 Programación de uso de espacios Fuente: Software Design Builder - Autor	73

Figura 58 Resumen de simulaciones de modelos de variación de viviendas por horas de confort	
Fuente: Autor	74
Figura 59 Resumen de modelo de línea base en valoración de porcentaje de confort y temperatura	
Fuente: Autor	75
Figura 60 Renders del proyecto Bariwá Fuente: Autor	76
Figura 61 Distribución por uso de la vivienda Fuente: Autor	77
Figura 62 Ocupación horaria de la vivienda Fuente: Autor.....	78
Figura 63 Programación de uso de la vivienda y sus espacios Fuente: Design Builder Autor.....	79
Figura 64 Programación Horaria en el software Design Builder Fuente: Autor	79
Figura 65 Diagrama de asoleación en solsticio de verano y de invierno, clasificación de zonas dentro del proyecto Fuente: Design Builder Autor.....	80
Figura 66 Grafica de ganancias térmicas en la vivienda Fuente: Software Desingn Builder Autor	81
Figura 67 Grafica de ganancias térmicas con estrategia aplicada Fuente: Software Design Builder Autor	82
Figura 68 Render de materiales utilizados en los acabados de la vivienda Fuente: Autor	83
Figura 69 Distribución Arquitectónica de modelo base Fuente: Autor	83
Figura 70 Resumen de materiales con valor U de transferencia térmica Fuente: Autor	85
Figura 71 Promedios de medición por espacios en modelo de vivienda de dos aguas Fuente: Autor	86
Figura 72 Diagrama de condensación modelo muro 1 Fuente: Software Design Builder Autor .	87
Figura 73 Distribución de materiales del muro 1, capas de espesor Fuente: Software Design Builder Autor	87

Figura 74 Diagrama de cómo se interpreta el valor U en los muros y en los materiales Fuente: http://www.arquitecturayenergia.cl	88
Figura 75 Diagrama de Condensación en las capas del muro Fuente: Software Design Builder Autor	89
Figura 76 Distribución de capas de materiales en el muro Autor: Software Design Builder Autor	89
Figura 77 Tabla No. de condiciones de materiales de cerramientos- Valor U Fuente: Software Design Builder Autor	90
Figura 78 Diagrama de condensación modelo muro 3 Fuente: Software Design Builder Autor .	91
Figura 79 Distribución de capas de materiales en el muro 3 Autor: Software Design Builder Autor	91
Figura 80 Tabla No. de condiciones de materiales de cerramientos- Valor U Fuente: Software Design Builder Autor	92
Figura 81 Valoración de temperatura por confort en modelo de muros tipo 3 Fuente: Software Design Builder Autor	93
Figura 82 Diagrama de condensación modelo muro 3 Fuente: Software Design Builder Autor .	93
Figura 83 Distribución de capas de materiales en el muro 3 Autor: Software Design Builder Autor	93
Figura 84 Tabla No. de condiciones de materiales de cerramientos- Valor U Fuente: Software Design Builder Autor	94
Figura 85 Cuadro resumen de tipos de Muros	95
Figura 86 Distribución de capas de materiales en el muro con el mejor desempeño Autor: Software Design Builder Autor	96

Figura 87 Valoración de temperatura por confort en modelo con mejor desempeño de muros tipo 2 Fuente: Software Design Builder Autor	97
Figura 88 Diagrama de condensación modelo cubierta línea base Fuente: Software Design Builder Autor	97
Figura 89 Distribución de capas de materiales en el Cubierta Autor: Software Design Builder Autor	98
Figura 90 Tabla No. de condiciones de materiales de cubierta - Valor U Fuente: Software Design Builder Autor	98
Figura 91 Distribución de capas de materiales en el Cubierta modelo 2 Autor: Software Design Builder Autor	99
Figura 92 Diagrama de condensación modelo cubierta modelo 2 Fuente: Software Design Builder Autor	99
Figura 93 de condiciones de materiales de cubierta - Valor U Fuente: Software Design Builder Autor	99
Figura 94 Distribución de capas de materiales en el Cubierta modelo 3 Autor: Software Design Builder Autor	100
Figura 95 Diagrama de condensación modelo cubierta modelo 3 Fuente: Software Design Builder Autor	100
Figura 96 de condiciones de materiales de cubierta - Valor U Fuente: Software Design Builder Autor-	101
Figura 97 Distribución de capas de materiales en el Cubierta modelo 4 Autor: Software Design Builder Autor	102

Figura 98 Diagrama de condensación modelo cubierta modelo 4 Fuente: Software Design	
Builder Autor	102
Figura 99 Tabla No. de condiciones de materiales de cubierta - Valor U Fuente: Software Design	
Builder Autor	102
Figura 100 Factor R	103
Figura 101 Tipos de cubiertas y conclusiones	103
Figura 102 Planta zonificación en donde se instalará la cubierta verde	104
Figura 103 Corte de cubierta, sistema de implantación de cubierta verde Fuente: Autor	105
Figura 104 Corte de la propuesta de vivienda en donde se instalará la cubierta verde Fuente: Autor	105
Figura 105 Renders de modelo con implantación de cubierta verde en zona de habitaciones. Fuente: Autor	106
Figura 106 Ganancias internas en modelo de línea Base Fuente: Software Design Builder Autor	107
Figura 107 Ganancias internas en modelo propuesto con estrategias Fuente: Software Design Builder Autor	108
Figura 108 Zonificación de programa arquitectónico Fuente: Autor	110
Figura 109 distribución de la volumetría por orientación solar y vientos de propuesta arquitectónica Fuente: Autor.....	110
Figura 110 Distribución de muro adiabático en diseño propuesto Fuente: Autor	111
Figura 111 Proyección de pérgolas y protección solar	111
Figura 112 Planta primer piso modelo propuesto	112
Figura 113 Planta de cubierta propuesta modelo Fuente: Autor.....	113

Figura 114 Materialidad del vidrio – porcentaje de acristalamiento	114
Figura 115 Fachada oriente Fuente: Autor	114
Figura 116 Diseño inicial de rejillas y ventilación.	115
Figura 117 Configuración acristalamiento proyecto.....	116
<i>Figura 118 Programación en el software en ventanas.....</i>	<i>117</i>
Figura 119 Resultados de la programación.....	118
Figura 120 Optimización de aperturas en alcoba auxiliar	118
Figura 121 Optimización de aperturas en alcoba principal	119
Figura 122 Optimización ventanas baños	120
Figura 123 Optimización ventanas zona social	121
Figura 124 Conclusiones ventanas y rejillas.....	121
Figura 125 Análisis de vientos.....	123
Figura 126 Dirección del viento predominante	124
Figura 127 Condiciones de ventilación.....	126
Figura 128 Velocidad de vientos en planta.....	127
Figura 129 Incidencia de vientos en fachada, rejillas y perforaciones.	127
Figura 130 Comportamiento interior de ventilación.....	128
Figura 131 Uso de rejillas en espacios interiores , comportamiento	128
Figura 132 Comportamiento de rejillas y ventilación en fachada contra muro enfocador – zona alcobas.....	129
Figura 133 Asoleación línea base mes marzo.....	130
Figura 134 Asoleación en la mañana	130
Figura 135 Asoleación en la tarde	131

Figura 136 Asoleación agosto en la mañana.....	132
Figura 137 Diagnóstico ganancias solares	133
Figura 138 Solsticio de invierno en trayectoria solar	134
Figura 139 Disposición de volumetría en trayectoria solar.	134
Figura 140, Trayectoria solar y disposición de los elementos arquitectónicos.....	135
Figura 141 Estrategias aplicadas proyección solar, sombras proyectadas.....	135
Figura 142 Proyección solar solsticio de verano	136
Figura 143 Proyección solar 9:00 am - 21 Dic	137
Figura 144 Proyección solar 11:00 am - 21 Dic	137
Figura 145 Disposición del muro enfocador en pro de la asoleación y la dirección de vientos.	138
Figura 146 proyección de muro enfocador sobre línea de estudio.	139
Figura 147 Primer resultado de estrategias en ventilación	140
Figura 148 Segundo resultado de estrategias en ventilación	141
Figura 149 Modelación energética en EDGE	148
Figura 150 Resultados modelación.....	149
Figura 151 Valoración de energía.....	149
Figura 152 Resultados reducción de energía	151
Figura 153 Reducción energía año 2	151
Figura 154 Ahorro de agua en modelación EDGE	152
Figura 155 Resultados ahorro de agua.....	153
Figura 156 Ahorro de agua año 2	153
Figura 157 Materiales modelado EDGE.....	154
Figura 158 Ahorros energéticos en agua, energía y materiales	155

Descripción del proyecto

Propósito

Basado en las determinantes del clima del municipio de Acacias - Meta (clima tropical húmedo), se propone analizar el comportamiento de la vivienda campestre localizada en el casco urbano mediante simulaciones térmicas para mejorar del confort y la reducción de temperatura operativa y limitando el uso de ventilación mecánica.

Estado del arte

Dentro del marco normativo cabe aclarar que la normativa colombiana se fundamenta en estándares internacionales que dan como resultado datos de mediciones realizadas en el exterior y considerando los compromisos que se han adquirido a nivel mundial por parte de Colombia en materia de cambio climático, encontramos algunos lineamientos claves para el desarrollo de la investigación en temas de confort; dentro de los más relevantes se hallan: el ABC de los compromisos de Colombia para la COP21 (García-Arbeláez, 2015), el cual indica bajo los acuerdos de Kioto y Paris correspondientemente el compromiso para la reducción de los gases efecto invernadero y como esto se ve ligado directamente con la implementación de estrategias para mitigar los efectos del CO₂ y así poder cumplir la meta de no alcanzar el incremento de 2° (dos grados) de temperatura a nivel mundial; sin embargo esta política mundial se aplica y se identifica bajo un marco normativo proyectado desde el 2016 a 2020 con el acuerdo de París, mientras que dentro del desarrollo de la COP 21 se estima ver resultados reflejados en 2030 con la contribución a los INDC (contribuciones nacionalmente determinadas) (García-Arbeláez, 2015).

De lo anterior es importante mencionar que, dentro de las obligaciones del país a nivel mundial, los procesos y su ejecución, son agentes que inciden directamente las actividades que

desarrolla el ser humano, por tal razón incumbe mitigarlos y adaptarlos con el fin de dar respuesta inmediata a los efectos y la transformación que esto puede ocasionar en el entorno, el clima y el medio ambiente.

Por otro lado, el Gobierno Nacional adopta los Planes de Acción Sectorial de Mitigación para el Cambio Climático, que significan metodológicamente la adopción de planes y programas mediante una política basada en la reducción de gases efecto invernadero, cuyo fin abarcan directamente a los sectores económicos fundamentales, por medio de una relación económica que busque beneficios sociales y ambientales, teniendo como prioridad la acción y mitigación por medio de estrategias a corto y mediano plazo (Ministerio de Vivienda, 2014).

En este contexto de compromisos internacionales frente al cambio climático y la reducción del CO₂, se establece una línea directa entre el objetivo de la investigación y la reducción de sistemas de ventilación mecánica en las viviendas, estipulando una reducción al uso de estos equipos al momento de la construcción y adaptación de las viviendas al cambio de temperatura y la mitigación de la misma en beneficio del confort.

Dentro de los documentos que se han expedido por parte de las entidades competentes nacionales encargadas de la gestión de los compromisos de orden mundial, se encuentra el siguiente documento que facilita identificar por departamento, los impactos de proyección frente al cambio climático y las responsabilidades frente al calentamiento global, reflejados en el aumento de la temperatura por región. “Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 211-2100” (IDEAM, 2015) “. En donde Colombia inicia su actividad de monitoreo en el año 1969 tal como es mencionado en el documento anteriormente citado y es allí donde se estructura el modelo de seguimiento y de participación para dar cumplimiento a compromisos y responsabilidades nacionales frente al cambio climático; siendo así un tema estrechamente ligado

a las actividades de reducción, mitigación y adaptación que el país ha implementado, mediante la creación de departamentos técnicos y operativos especializados como el IDEAM, que ha sido establecido en el año de 1993 con la transformación del sistema de interpretación y seguimiento a los compromisos de cambio climático como el protocolo de Kioto y el acuerdo de París, fundamentos dentro del desarrollo de las COP.

Así mismo, dentro de la clasificación general por departamento establecido en el documento Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia, (IDEAM, 2015) se puede revisar datos de análisis demográficos, cifras de temperatura promedio y precipitaciones de 1976 a 2005 y proyecciones de temperatura promedio y precipitaciones de 2071 a 2100. Mediante esta herramienta de diagnóstico es posible tener cifras certeras establecidas dentro de los compromisos internacionales mencionados con anterioridad y así atacar directamente en estrategias multidireccionales abarcando todos los sectores; en donde los datos suministrados se pueden establecer por región y fueron utilizados para el análisis de la presente investigación, a continuación, se encuentra la ficha correspondiente a la región del META.

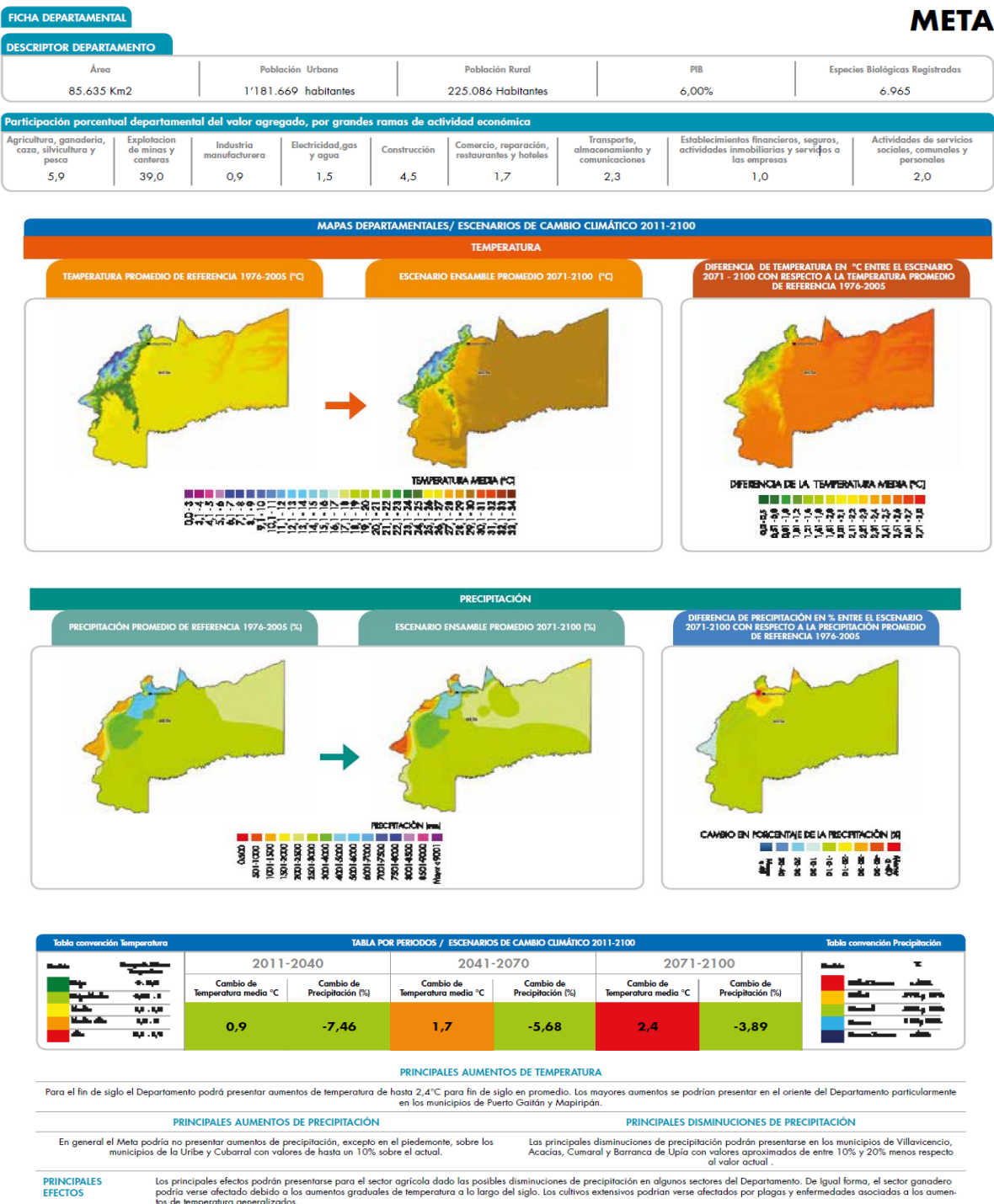


Figura 1 Ficha de clasificación Cambio climático - Región META - (IDEAM, 2015)

Una vez establecidos los compromisos y las metas frente a mitigación, se hace referencia a un documento que consolida la normativa aplicada a consumos y reducción de los mismos

como implementación de estrategias activas y pasivas dentro del sector de la construcción y el diseño, la Resolución 0549 de 2015 (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2015), proyectando así un modelo normativo que aún se encuentra en consolidación, involucra los consumos de energía y de agua en mejora de ahorro para las viviendas, de acuerdo al tipo de clima y condición de uso, visualizado en la figura No. 2, a continuación:

Vivienda de interés social (VIS) y Vivienda de interés prioritario (VIP)	
Centros comerciales	Área total construida mayor a 6.000 m ² . Para el cálculo no se incluyen las zonas destinadas a estacionamientos.
Oficinas	Área superior a 1.500 m ² . Para el cálculo no se incluyen las zonas destinadas a estacionamientos.
Hoteles	Más de 50 habitaciones.
Educativos	Educación superior y centros de investigación, educación preescolar, básica, media, centros tecnológicos, educación no formal; Más de 1.500 alumnos.
Hospital	Hospitales, clínicas, empresas sociales e instituciones privadas con Área de Construcción igual o superior a 5.000 m ² . Para el cálculo no se incluyen las zonas destinadas a estacionamientos.

Figura 2 Lineamientos de consumo según uso (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2015, pág. 3)

De la anterior, se establecen condiciones de medición y de aplicación de metodologías para los diferentes escenarios, dando como resultado estrategias activas y estrategias pasivas, definiéndolas en el documento cada una de ellas de la siguiente manera:

Estrategias Activas, aquellas que se implementan en medio mecánicos y eléctricos que permiten mejorar las condiciones de confort interior y de temperatura operativa, tales como equipos de aire acondicionado, calentadores eléctricos y calderas.

Estrategias Pasivas como aquellas que se tienen en cuenta en la disposición del diseño y se proyectan para mejorar las condiciones de operación sin el uso de equipos complementarios o

adicionales que incurran en consumos energéticos. Estas estrategias pasivas tienen en cuenta las condiciones de implantación, clima, topografía y estructura del entorno natural.

Con estos lineamientos apoyados en la caracterización de las cifras de ahorros y consumo establecidas dentro de los protocolos de acuerdo y compromiso internacional, se establecen unos tiempos de gradualidad de implementación. Por medio de las figuras No. 3 y 4 se visualizan los datos, para la implementación del modelo arquitectónico dependiendo el uso.

Energía	Año 1			
	Frio	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	15	15	15	15
Hospitales	15	15	15	15
Oficinas	15	15	15	15
Centros comerciales	15	15	15	15
Educativos	15	15	15	15
Vivienda NO VIS	10	10	10	10
Vivienda VIS	10	10	10	10
Vivienda VIP	10	10	10	10
Agua				
Año 1				
Con respecto a la línea base				
Hoteles	15	10	15	15
Hospitales	10	15	10	15
Oficinas	15	15	15	15
Centros comerciales	15	15	15	15
Educativos	15	15	15	15
Vivienda NO VIS	10	10	10	10
Vivienda VIS	10	10	10	10
Vivienda VIP	10	10	10	10

Figura 3 Tiempos de implementación de estrategias de ahorro según uso - (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2015, pág. 5)

Energía	Año 2			
Con respecto a la línea base	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	20	35	25	45
Hospitales	35	25	35	30
Oficinas	30	30	40	30
Centros comerciales	25	40	35	30
Educativos	45	40	40	35
Vivienda NO VIS	25	25	25	45
Vivienda VIS	20	15	20	20
Vivienda VIP	15	15	20	15
Agua	Año 2			
Con respecto a la línea base	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	25	10	35	45
Hospitales	10	40	10	40
Oficinas	30	35	45	20
Centros comerciales	25	15	45	20
Educativos	45	40	40	40
Vivienda NO VIS	25	25	20	20
Vivienda VIS	10	15	10	15
Vivienda VIP	10	15	10	15

Figura 4 Porcentajes de ahorro que deberían cumplirse durante el segundo año de vigencia de la resolución (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2015, pág. 6)

Como base para el documento, se tienen lineamientos claros en porcentajes y cifras de cumplimiento nacional como normativa para el desarrollo de proyectos dentro del territorio nacional; reafirmados dentro del marco de la COP 23 última conferencia en la cual reafirma los compromisos de mitigación para el incremento de la temperatura establecidos en el acuerdo de París y firmados en la COP 21, así mismo se afianza el compromiso por parte de las diferentes naciones desarrolladas, frente a el apoyo y financiación de proyectos que se enfoquen en la reducción de las emisiones y poder establecer una meta clara para 2050.

En el marco de la conferencia se enumeran 17 objetivos claros que se tendrán como línea base para la proyección a 2050; dentro de los puntos más relevantes que se relacionan directamente con la investigación, se encuentran el punto nueve (9) que indica el deber de promover las construcciones sostenibles y resilientes, así mismo el punto doce que menciona los consumos sostenibles y la producción de energías sostenibles, amarrando así a estos compromisos mundiales la idealización de reducción en el uso de equipos y sistemas que general altas demandas energéticas y a su vez producen una huella ecológica muy grande dentro del ciclo de la construcción.



Figura 5 Objetivos de desarrollo sostenible (SOSTENIBLE, 2018)

Revisando los lineamientos y compromisos que se han adquirido, para el año 2018 es necesario revisar dentro del contexto histórico como el confort hace parte vital de la transformación de la línea de investigación sobre el cambio climático y como se han dado las

respuestas a estas transformaciones generadas por los malos manejos de los recursos por parte del hombre. De acuerdo a esto se encuentran varios autores que tratan el tema del confort, a continuación, en la Figura No. 6, se exponen algunos lineamientos expuestos por en los autores y sus aplicaciones, como primera medida el libro Ergonomía 2 confort y estrés térmico (Mondelo, 1995).

<i>Año</i>	<i>Método</i>	<i>Autor</i>
1923	Temperatura efectiva, TE	Houghton & Yaglogou
1929/36	Temperatura equivalente	Dufton
1931/48	Temperatura resultante	Missenard
1967	Temperatura media de la piel	Gagge
1970	Índice valoración media, IVM	Fanger
1972	Temperatura efectiva estándar, SET	Gagge
1973	Humedad de la piel	González & Gagge

Figura 6 Índice de confort más relevantes, (Mondelo, 1995, pág. 16)

Dentro de estos autores, se encuentran vigentes sus teorías frente al estudio del confort térmico y de los más usados es el modelo de Fanger, quien contempla las siguientes variaciones denominándolas “ecuación del confort”.

Como primera medida se realiza la evaluación de las características de la vestimenta, la caracterización según la zona climática y como es el común vestir de las personas en esta zona de estudio, la segunda variable hace referencia a las características del tipo de trabajo, es decir la velocidad del viento y la carga metabólica que pueda existir en la zona de estudio, como último factor contamos con el clima; tal vez el más importante dentro de las determinantes de estudio del confort, pues la temperatura, humedad relativa, vapor de agua, velocidad del viento, son determinantes claves dentro de la evaluación energética y térmica dentro del caso de estudio.

Para cada escenario de estudio Fanger determina una escala de cualificación y medición, para así poder establecer unos rangos según la zona de estudio y tener un comparativo; la escala de cuantificación para el primer escenario sería llamado escala de sensaciones térmicas, evaluada entre, frío, muy frío, ligeramente frío, neutro, ligeramente caluroso, caluroso y muy caluroso, esta condición ayudaría a que la sensación del habitante que se encuentra en la zona de estudio tuviese una cuantificación; pero esta escala debe estar ligada a la vestimenta de la persona, para lo cual Fanger también determina una escala de medición, según las prendas y que tan cubierta esta la persona frente al espacio.

Dentro de las variables climáticas Fanger tiene en cuenta la velocidad del viento, la humedad relativa, temperatura radiante y con estos factores se evalúa la escala de satisfacción de las personas frente a los espacios en una escala de satisfecho y no satisfecho, la cual más adelante conoceremos como aplicativo en el confort y el discomfort, en la Figura No.7 veremos los aplicativos más comunes de los autores y sus postulados.

<i>MÉTODOS</i>	<i>APLICACIÓN</i>	<i>VENTAJAS</i>	<i>INCONVENIENTES</i>
Fanger	Confort	Muy completo Práctico	Población no muy representativa
ISC	Estrés por calor y/o discomfort	Práctico	No considera pérdidas por sudoración No considera variaciones en el vestido
WBGT	Estrés por calor	Muy práctico	Incompleto
SW _{req}	Estrés por calor y/o discomfort	Muy completo	Cálculo complicado
IREQ	Estrés por frío y/o discomfort	Muy completo	Cálculo complicado
WCI	Estrés por frío	Práctico	Incompleto. Considera únicamente partes de piel no protegidas por el vestido

Figura 7 de recomendaciones por autor (Mondelo, 1995, pág. 144)

De acuerdo a la Figura No. 7, la práctica de evaluación que considera mayores variables dentro del estudio del comportamiento del confort y la mayor aplicabilidad sin tener cálculos complejos, es la propuesta por Fanger, es por esta razón que se usara la “Ecuación del confort” para la valoración del proyecto de investigación.

Una vez determinada la base teórica de evaluación del confort revisaremos la estructura metodológica planteada por Croiset en su libro Humedad y temperatura en los edificios (Croiset, 1970), en donde se presenta una guía metodológica de estudio, de acuerdo a la actuación del confort dentro del desarrollo de un proyecto y se debe tener en cuenta todo el contexto ambiental, climático y ecológico, para así poder llegar a consolidar una estrategia de implementación, adaptación y mitigación; sin embargo es de anotar que la metodología aplicada está fundamentada en el análisis de casos concretos en España, específicamente en la ciudad de Barcelona en el año de 1970, es por esto que se deberá establecer un criterio de simulación para la época de verano y las condiciones bióticas y geográficas de Acacias Meta. Así mismo se tendrá en cuenta una vivienda propuesta sin un previo estudio ambiental y una vivienda bajo la aplicación de estrategias de ahorro y el no consumo de equipos de aire acondicionado, los dos modelos serán evaluados bajo la condición de la semana extrema de verano, así podremos tener la condición extrema y resolver el equilibrio térmico entre el habitante y el espacio interno de la vivienda (temperatura operativa).

Dentro de las referencias de estudio de la evaluación y caracterización del confort térmico en la vivienda campestre hay que resaltar el estudio realizado por el taller vertical número 2 de la universidad de la plata Argentina (San Juan, 2013); en su capítulo cuarto se expone la metodología de diseño bioclimático, en donde se identifican las estrategias utilizadas por el taller para dar respuesta a unas condiciones climáticas y unos requerimientos de confort específicos,

bajo el objetivo de responder a las políticas de ahorro y disminución de producción de CO₂.

Siguiendo los lineamientos de la metodología expuesta en el Taller vertical en el capítulo quinto”

ASOLEAMIENTO Y CONTROL SOLAR” podremos evaluar la condición actual de los elementos propuestos con la siguiente afirmación:

“Es entonces que uno de los principios de la arquitectura llamémosle, si la consideramos bioclimática-, es la exposición del edificio al sol, lo que comúnmente denominamos, “orientación”. Esta involucra factores fisiológicos como las radiaciones térmica y lumínica; las variaciones de la temperatura del aire; la acción del viento; los efectos acústicos del polvo y otras impurezas; la exposición del organismo a pocas horas de luz. Y factores psicológicos tales como las vistas desagradables del entorno, o la falta de privacidad. Es por ello que se debe tener en cuenta la cantidad de radiación solar que incide sobre las distintas fachadas de un edificio, lo cual determina la diferencia entre confort y discomfort, asociado al punto de vista energético, climático, higiénico y psicológico.” (San Juan, 2013, pág. 82)

Este fragmento del documento, marca otra pauta muy importante, ya que la condición de ser a campo abierto y contar solo con la sombra proyectada por la vegetación existente y la que se proponga, el factor de la radiación solar sobre las fachadas se convierte en un detonante para la propuesta arquitectónica y la evaluación del confort, es así como el documento se apoya en la teoría y la estrategias usadas por taller vertical para la dar respuesta a la adaptación de la arquitectura a las condiciones climáticas, bióticas y espaciales. Dentro del estudio principal de la asolación y las estrategias que se plantea en el taller vertical, se encuentra algo muy útil, así como el uso de estrategias activas y estrategias pasivas, las cuales pueden también llegar a ser mixtas y de uso puntual, como veremos en la imagen de referencia.

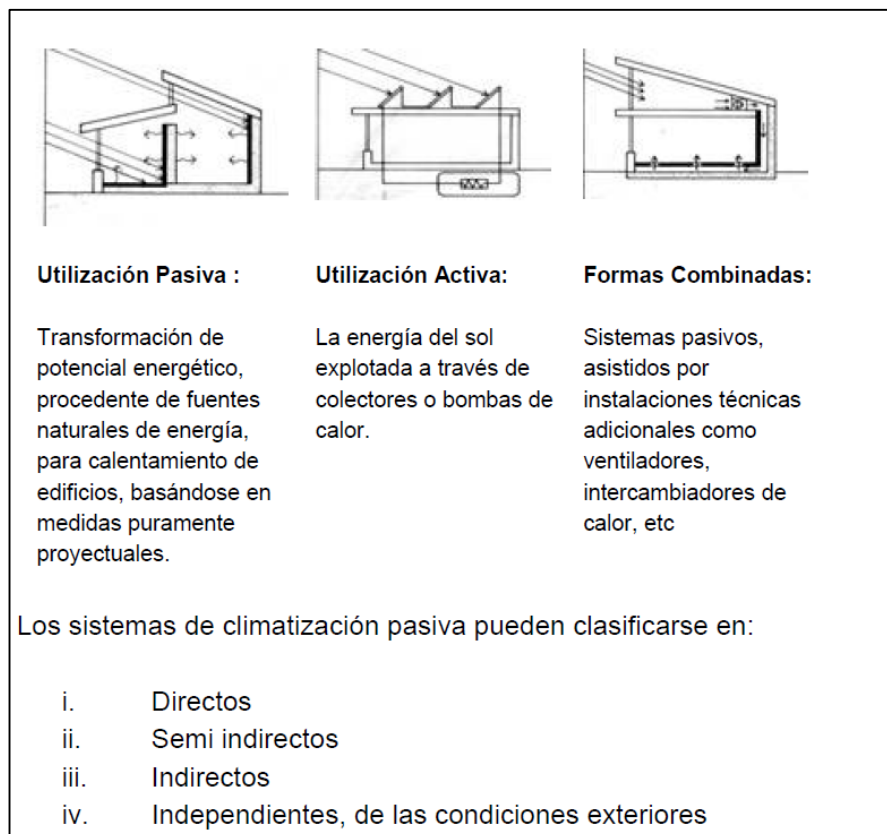


Figura 8 Tipos de aplicaciones de los sistemas (San Juan, 2013, pág. 67)

Es clara la forma de abordar el problema desde el campo técnico y como esta implementación depende de la orientación y el contexto biótico de la zona de estudio, puesto que, si la estrategia es activa, se debe tener en cuenta la posible incidencia sobre las especies endémicas que se presenten en la región.

“Este proceso de diseño, implica una serie de pasos, los cuales incorporan especificidades concretas cada uno de ellos. De todos modos, su explicitación no implica tomarlo como una receta, sino como un camino orientativo. Este proceso se podría sintetizar en cuatro etapas: a. De análisis de la relación con su contexto y los requerimientos; b. Aplicación tecnológica (conocimiento); c. Construcción o materialidad; d. Verificación. Y cíclicamente.

$$DB = CV + CAm + SaH + SaE + EE + Co$$

Donde:

DB: *Diseño Bioclimático;*
 CV: *Calidad de vida;*
 CAm: *Calidad Ambiental*
 SaH: *Salud humana;*
 SaE: *Salud del edificio;*
 EE: *Eficiencia energética*
 Co: *Costo de operación*

Figura 11 Formulación de un proyecto Bioclimático (San Juan, 2013, pág. 81)

Esta formulación resulta ser la integración más adecuada para la evaluación de un proyecto de carácter Bioclimático, sumándole a esto la normativa vigente nacional y la normativa internacional. En referencia a la normativa vigente encontramos la (ISO, 2005) que nos sugiere la siguiente idea de confort," Esa condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico" dentro de la norma se toma como referencia la escala propuesta por Fanger y determina el PMV (Predicted Mean Vote), haciendo referencia esto a la siguiente imagen de valoración.

PUNTUACIÓN	SENSACIÓN TÉRMICA
+3	Mucho calor
+2	Bastante calor
+1	Algo de calor
0	Neutra
-1	Algo de frío
-2	Bastante frío
-3	Mucho frío

Figura 12 Escala de valoración de Fanger (ISO, 2005, pág. 6)

Esta escala nos ayudara a tener una cuantificación en ponderación media de la valoración de la sensación térmica experimentada por los usuarios. En comparativo de las prácticas de cálculo de confort para el PMV propuesto por Fanger, la ISO 7730 nos propone:

UNE ENE ISO 7730:2006	
Valores de referencia para el bienestar térmico global	
- 0,5 < PMV < + 0,5 ó PPD <10 %	

Figura 13 Valoración del bienestar térmico (ISO, 2005, pág. 8)

Una vez se define la valoración y la cuantificación del bienestar térmico mediante cálculos matemáticos que podemos revisar en el cuerpo del documento de la ISO773 de 2006, se define una Figura No.14 de valoración por espacio y por condición, la cual veremos a continuación.

LOCALES CERRADOS, TRABAJOS SEDENTARIOS		
1. PARA CONSEGUIR UN BIENESTAR TÉRMICO GLOBAL CON UN PPD<10%		
Temperatura operativa	Invierno (época calefacción)	20 °C - 24 °C (si se lleva ropa de 1 clo)
	Verano (época refrigeración)	23 °C - 26 °C (si se lleva ropa de 0,5 clo)
Velocidad del aire		< 0,1 m/s

Figura 14 Recomendaciones para el bienestar térmico en oficinas (ISO, 2005, pág. 13)

En la Figura No.15 podemos ver como los PPD (predicted percentage of dissatisfied – porcentaje de insatisfacción) en valoración menor a un 10% de satisfacción para un rango de 20 a 24° en invierno y en rango de 24 a 26°, teniendo en cuenta que la norma está fundamentada bajo

mediciones climáticas europeas y un CLO (tipo de ropa que lleva la persona) del 0,5 a 1 según el caso expuesto, se proporcionan a una velocidad del viento mayor a 0.1 m/s.

2. PARA CONSEGUIR BIENESTAR LOCAL CON UN PD < 5% (apartados a y c) Y UN PD< 10% (apartado b)			
a.	Diferencia entre la temperatura del aire a la altura de la cabeza (1,1 m del suelo) y a la de los tobillos (0,1 m del suelo)		< 3 °C
b.	Rango de temperatura del suelo		De 19 °C a 29 °C
c.	Asimetría de Temperatura radiante	Debida a un techo caliente	< 5 °C
		Debida a una pared/ventana fría	< 10 °C
		Debida a un techo frío	< 14 °C
		Debida a una pared/ventana caliente	<23 °C
3. PARA EL BIENESTAR TÉRMICO Y PARA EVITAR LA EXCESIVA HUMEDAD DE LA PIEL Y LA SEQUEDAD DE LA PIEL Y LAS MUCOSAS			
Humedad relativa del aire			30% - 70%

Figura 15 Recomendación para el bienestar térmico en oficinas (ISO, 2005, pág. 13)

En esta segunda parte de la Figura No.15 encontramos la valoración dependiendo del rango de medición o la altura de la medición, esto se hace en pro de la variación distal entre la medición y la ganancia por temperatura radiante en pro de la acumulación de esta en la superficie del techo.

Dentro de la normativa ISO 773 se apunta a la evaluación y control de temperatura por riesgo en lugares cerrados y se busca garantizar el bienestar térmico en pro del buen desarrollo de la labor programada y el buen funcionamiento de los espacios. En la figura16 presentada a

continuación podemos ver como se establece un valor de evaluación frente a las variables climáticas en pro de la identificación según la normativa y las líneas de acción de cada una.

	R.D. 486/97 L.T. <i>(Condiciones ambientales de locales cerrados)</i>	R.D. 1751/1998 RITE <i>(Condiciones de diseño de las instalaciones térmicas)</i>	R.D. 1027/2007 RITE <i>(Condiciones de diseño de las instalaciones térmicas)</i>
Humedad relativa (%)	30 - 70 <i>Con electricidad estática:</i> 50 - 70	40 - 60	Verano: 45 - 60 Invierno: 40 - 50
Temperatura (°C)	<i>Trabajos sedentarios:</i> 17 - 27 (*) <i>Trabajos ligeros:</i> 14 - 25	-	-
Temperatura operativa (°C)	-	Verano: 23 - 25 Invierno: 20 - 23	<i>Para PPD<10%; M=1,2 met;</i> <i>una ropa de 0,5 clo en verano y</i> <i>1 clo en invierno:</i> Verano 23 -25 Invierno 21 - 23
Velocidad del aire (m/s)	<i>Trabajos sedentarios:</i> Amb.calurosos: ≤ 0,5 Amb. no calurosos: ≤ 0,25 <i>Trabajos no sedentarios:</i> Amb.calurosos: ≤ 0,75 A. acondicionado: ≤ 0,35	Verano: 0,18 - 0,24 Invierno: 0,15 - 0,20	<i>Calcular en función de la temperatura del aire, la intensidad de turbulencia y tipo de difusión del aire</i>

(*) La Guía Técnica del INSHT sobre lugares de trabajo recomienda mantener la temperatura **entre 17 °C y 24 °C en invierno y entre 23 °C y 27 °C en verano.**

Figura 16 Recomendación para el bienestar térmico en oficinas (ISO, 2005, pág. 15)

Es claro en la Figura No.16 como la humedad relativa y la velocidad del viento resultan ser determinantes dentro de la evaluación del confort , dejando la temperatura como un ítem permanente que aplica solo dentro de las condiciones ambientales de locales cerrados, es decir que se modela una estrategia partiendo de la fluctuación que existe entre la velocidad del aire , humedad y temperatura, entendiendo la evaluación dentro de los ámbitos de calificación de muy satisfecho poco satisfecho e insatisfecho, planteadas en el postulado de Fanger.

Siguiendo la línea normativa internacional y lo expuesto por la ISO773, encontramos el ASHRAE 62.2. Esta normativa se fundamenta en estándares y mediciones norteamericanas, dentro de (ANSI/ASHRAE, Standard 62.2 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings - Building America Top Innovation, 2010) ASHRAE 62.2 encontramos el estándar norteamericano para determinar la calidad del aire y su óptimo estado para los ocupantes de una vivienda.

Define que la calidad interior del aire es aceptable cuando no existen partículas ni agentes contaminantes que sean identificados mediante mediciones o percepción de los habitantes de la vivienda, a su vez menciona que si la población que se encuentra en el espacio supera un 80% la insatisfacción se considera un aire de mala calidad, teniendo en cuenta la condición mencionada anteriormente se evalúa la condición de la vivienda en área para así poder determinar las renovaciones de aire que se deben manejar.

Ventilation Air Requirements, cfm					
Floor Area (ft²)	Bedrooms				
	0-1	2-3	4-5	6-7	>7
<1500	30	45	60	75	90
1501-3000	45	60	75	90	105
3001-4500	60	75	90	105	120
4501-6000	75	90	105	120	135
6001-7500	90	105	120	135	150
>7500	105	120	135	150	165

Figura 17 Renovaciones requeridas por área en la vivienda (ANSI/ASHRAE, Standard 62.2 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings - Building America Top Innovation, 2010, pág. 4)

Ventilation Air Requirements, cfm					
Floor Area (ft ²)	Bedrooms				
	0-1	2-3	4-5	6-7	>7
<1500	30	45	60	75	90
1501-3000	45	60	75	90	105
3001-4500	60	75	90	105	120
4501-6000	75	90	105	120	135
6001-7500	90	105	120	135	150
>7500	105	120	135	150	165

Figura 18 Renovaciones requeridas por área en la vivienda (ANSI/ASHRAE, Standard 62.2 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings - Building America Top Innovation, 2010, pág. 4)

En la Figura No. 18 vemos como se tiene en cuenta la condición de número de habitaciones de la vivienda, puesto que las renovaciones van ligadas a la densidad de habitantes y espacios, reflejados por el área de superficie del mismo. Dentro del documento se menciona así mismo que este cálculo se debe tener en cuenta para el uso de equipos mecánicos y que determinara la carga de CFM o L/S que manieran los equipos de aire acondicionado, como inyección dentro del sistema (la cantidad de aire que moverán los equipos y las veces que estos tendrán de actuar para mantener los niveles de confort), en el documento se presenta la dimensión y el diámetro de las tuberías para la renovación en sitios específicos como los son las cocinas y los baños.

Application	Airflow	Notes
Kitchen	100 cfm (50 L/s)	Vented range hood (including appliance-range hood combinations) required if exhaust fan flow rate is less than 5 kitchen air changes per hour.
Bathroom	50 cfm (25 L/s)	

TABLE 5.2 Continuous Local Ventilation Exhaust Airflow Rates

Application	Airflow	Notes
Kitchen	5 ach	Based on kitchen volume.
Bathroom	20 cfm (10 L/s)	

TABLE 5.3 Prescriptive Duct Sizing

Duct Type	Flex Duct				Smooth Duct			
Fan Rating cfm @ 0.25 in. w.g. (L/s @ 62.5 Pa)	50 (25)	80 (40)	100 (50)	125 (65)	50 (25)	80 (40)	100 (50)	125 (65)
Diameter, in. (mm)	Maximum Length, ft (m)							
3 (75)	X	X	X	X	5 (2)	X	X	X
4 (100)	70 (21)	3 (1)	X	X	105 (32)	35 (11)	5 (2)	X
5 (125)	NL	70 (21)	35 (11)	20 (7)	NL	135 (42)	85 (26)	55 (17)
6 (150)	NL	NL	135 (42)	95 (29)	NL	NL	NL	145 (45)
7 (175) and above	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL	NL

This table assumes no elbows. Deduct 15 ft (5 m) of allowable duct length for each elbow.

NL = no limit on duct length of this size

X = not allowed, any length of duct of this size with assumed turns and fitting will exceed the rated pressure drop

Figura 19 Tasas de flujo de aire de escape de ventilación local intermitente (ANSI/ASHRAE, Standard 62.2 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings - Building America Top Innovation, 2010, pág. 6)

En los estándares de ASHRAE, también encontramos el (ANSI/ASHRAE, Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy, 2010), el cual hace referencia a las condiciones térmicas para un ambiente confortable, la evaluación de esta condición es subjetiva, el propósito de dicho estándar es poder tener la valoración de condiciones térmicas adaptables para la mayoría de usuarios.

Dentro del estándar también encontramos que existe la valoración de confort para los espacios ventilados naturalmente, definiendo mediante el control que tiene el usuario sobre el espacio, es decir mediante la apertura de rejillas y ventanas, controlando así la inyección de aire al espacio y regulando la temperatura operativa. A continuación, podemos ver la gráfica de representación de valoración de la zona de confort.

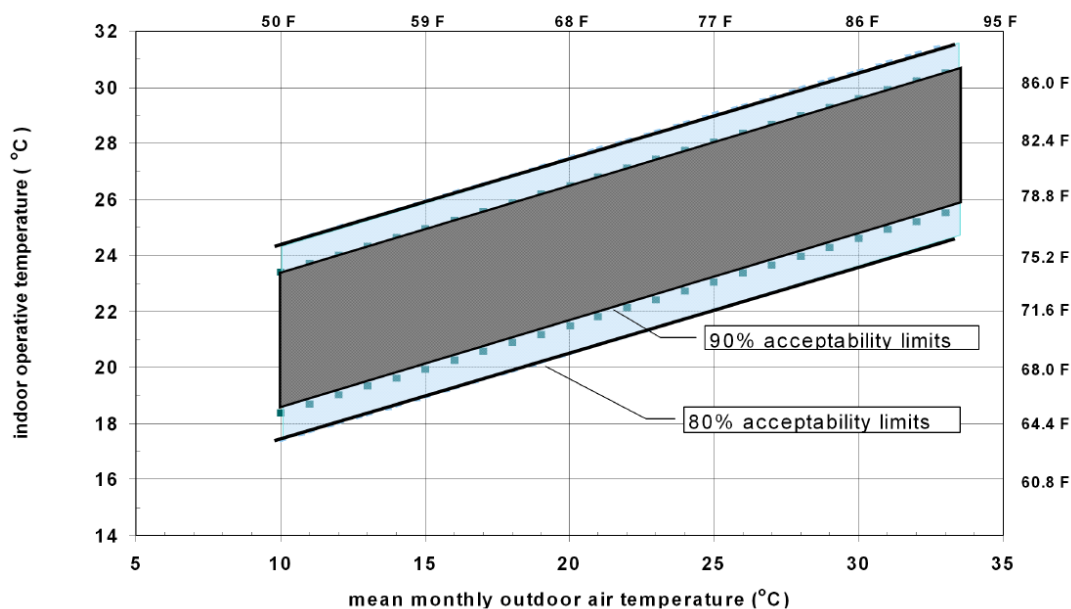


Figura 20 Grafica rango de Zona de confort, temperatura y humedad (ANSI/ASHRAE, Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy, 2010, pág. 6)

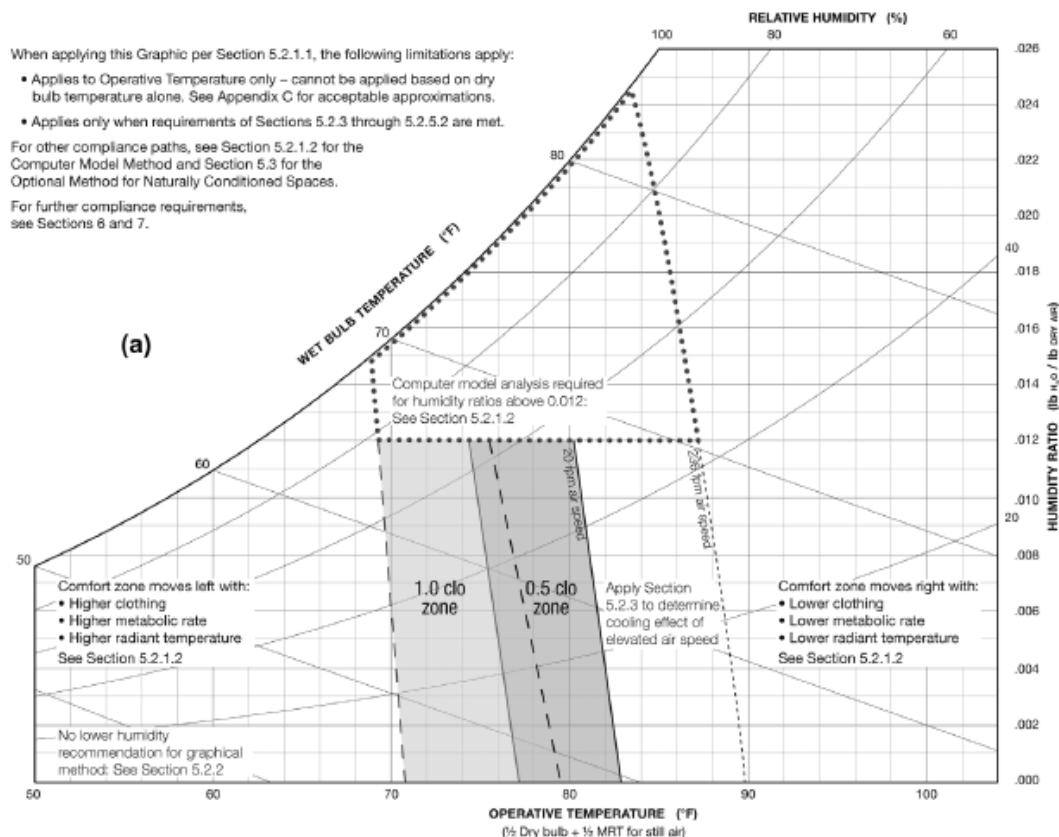


Figura 21 Rangos de temperatura operativa aceptable para espacios naturalmente acondicionados (ANSI/ASHRAE, Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy, 2010, pág. 12)

Dentro de la normativa nacional encontramos la norma 5316 (ICONTEC, 2004), la cual es elaborada con la finalidad de poder dar una medición y cuantificación con mediciones nacionales, en esta es clave resaltar la participación de empresas nacionales que participan activamente en proyectos vinculados con el confort y sus formas de medición. En el cuerpo del documento de la norma se expone lo siguiente:

“Esta norma especifica las combinaciones de factores personales y ambientales en espacios interiores, que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables para el 80 % o más de los ocupantes dentro de un espacio.” (ICONTEC, 2004, pág. 1).

Esta fundamentación como pudimos ver se relaciona con el principio de ASHRE 62.2, donde se tienen en cuenta factores como la temperatura, la humedad, radiación, velocidad del aire entre otros factores climáticos. Dentro de la construcción de esta normativa nacional se debe resaltar que su fundamentación se hace dentro de parámetros de percepción del clima en las regiones, es decir, en la variedad climática del trópico colombiano, pero a su vez la caracterización de la materialidad que esta compone la variación de la temperatura operativa en los diferentes escenarios.

El caso puntual de este documento “LA VIVIENDA Y EL CONFORT” (Castells, 2012), en su capítulo 33 la estrategia de la implementación y usos de materiales para la vivienda y el uso doméstico fundamentando, nos presenta como la materialidad fundamenta el estudio del confort bajo la siguiente afirmación.

“La visión actual de cuáles deben ser los materiales utilizados en la construcción ha variado radicalmente respecto a la de hace unos pocos años. Lo que era una tendencia, ahora se ha convertido en una exigencia a corto plazo, prácticamente inmediata. Los materiales deben ser reciclables, no deben consumir grandes cantidades de energía para su producción, su instalación y utilización, y no deben perjudicar el medio ambiente.” (Castells, 2012, pág. 545).

Este fragmento hace parte de un estudio riguroso realizado en España sobre el uso de materiales y como este afecta los consumos energéticos en las viviendas, en donde nos invita a reflexionar sobre la implementación de materiales y sus estrategias partiendo del hecho

fundamental de concebir la estructura y las pieles del proyecto, relacionando así el costo beneficio proyectado a un consumo energético global. Minimizar ciclos en procesos constructivos y hacerlos más efectivos dando la posibilidad de varios usos o de reciclar no solo materiales sino también estructuras y edificaciones.

Teniendo en cuenta las normativas y las condiciones expuestas tanto por los autores referentes del estudio del Confort, como las normativas internacionales, vemos como se adelanta la construcción de una normativa nacional adaptada a las condiciones nacionales, (mediciones de clima y materialidad del proyecto), pero para ello vemos como en el bloque de Suramérica se consolida un fuerte estudio por tener parámetros claros de evaluación y que den respuesta a las condiciones del trópico y sus variables extremas .

Estudios en Brasil, argentina, chile y en otros países del bloque suramericano como lo vimos en el caso de argentina en taller vertical en Argentina (San Juan, 2013) , nos han permitido evidenciar una diferencia sistemática en la cuantificación y valoración de las condiciones enmarcadas en estándares europeos y norteamericanos para poder concebir un proyecto de diseño sostenible que abraque todo contexto social , ambiental y normativo.

Es el caso de Brasil donde se desarrolla una tipología de vivienda enfocada a la ventilación natural, debido a las condiciones de acceso para equipos mecánicos y la disponibilidad de servicios para el uso de estos, a continuación, veremos el caso de la NBR 15.575 aplicada específicamente a Brasil, en donde se define la condición de modelo de simulación mediante software y se caracteriza la medición bajo días extremos de calor, se define el estudio de la siguiente manera:

“La eficiencia en la regulación Técnica de Calidad de Energía Nivel de edificios residenciales - RTQ-R [4] es voluntario y establece una metodología para evaluar y unidades de vivienda de la etiqueta. La clasificación lograda por los edificios está certificada a través de la etiqueta de Conservación Nacional de Energía (ENCE), que informa a la eficiencia energética de una unidad de vivienda que van desde A (más eficiente) a E (menos eficiente). El rendimiento de la envolvente del edificio se determina para el verano y el invierno de acuerdo a la zona bioclimática brasileña (BZ) en la que se encuentra el edificio. Rendimiento en verano se estima mediante enfriamiento horas Grado (CDH) calculado usando 26 ° C como una referencia de base y en invierno calentando Consumo (HC) que consiste en la anual de energía requerida para calentar las habitaciones y mantener una temperatura mínima de 22 ° C a noche.”

(Oliveira, Vilela, Souza, & Silva, 2015)

En la evaluación de la simulación mediante software, se pudo precisar que las viviendas no cumplían bajo los estándares internacionales y que las condiciones de ventilación y distribución de la vivienda no se podían variar puesto que las determinantes climáticas, topográficas y culturales mantenían unos parámetros propios de Brasil; en donde se llevó a cabo la caracterización por 8 ciudades diferentes y se estableció el siguiente comparativo:

4th floor Housing units		BZ1				BZ2				BZ3				BZ4				BZ5		BZ6				BZ7				BZ8			
		OD		RD+fibergl or foil		OD		RD+fibergl or foil		OD		RD+fibergl or foil		OD		RD+fibergl or foil		OD RD all options		OD		RD + fiberglass		OD		RD+fibergl or foil		OD		RD + fibergl or foil	
		LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2	LR	BD1	BD2
1 ACH	401																														
	402																														
	403																														
	404																														
1 ACH + shutter	401																														
	402																														
	403																														
	404																														
5 ACH	401																														
	402																														
	403																														
	404																														
5 ACH + shutter	401																														
	402																														
	403																														
	404																														

Figura 22 NBR 15.575 Brasil - cumplimiento estándar en verano de dormitorios y salas de estar viviendas en Brasil (RAQUEL DINIZ OLIVEIRA, 2015, pág. 2926)

Dentro de este estudio se llevaron a cabo varias simulaciones teniendo en cuenta la materialidad de los proyectos y a su vez como se puede evidenciar en la Figura No . presentada a continuación los resultados de insatisfacción frente a los modelos de estándar internacional eran cada vez más notorias.

“En la evaluación del confort térmico y la incomodidad para el estrés por calor o frío, se puede observar en la Tabla No. 4 que POC y POD resultados están de acuerdo con la cuarta clasificación de unidades de la planta por RTQ-R, mostrando ligeramente peores calificaciones en verano para BZ3 y BZ6 a 8 para todos los sistemas de construcción en el diseño revisado (RD), y en BZ4 para el diseño original (OD). Las zonas más frías BZ1 y BZ2 tuvieron las peores clasificaciones de POC,

Reafirmando la clasificación obtenida para el invierno cuando se evaluó HC. Se puede observar que el aislamiento de la cubierta aumenta la comodidad del usuario en verano para todas las zonas y también mejoró la clasificación comodidad a excepción de BZ7 y 8, las zonas de clima cálido. En estas zonas, se recomienda asociar otras estrategias constructivas del edificio, como la mejora de la ventilación como el aislamiento de la cubierta y la adopción de

obtención en los dormitorios no fue suficiente para mejorar las horas de confort del usuario. En invierno, POD y POC mostró que el efecto de aislamiento techo tuvo el efecto opuesto con horas de confort disminuido. En este caso, sería deseable para verificar el potencial de mejora del aislamiento de la pared para una mayor comodidad en invierno.” (Oliveira, Vilela, Souza, & Silva, 2015, pág. 2927)

Tabla 4. cuarta planta media Performance Clase de Edificio según RTQ-R y POC y POD calculado al calor y estrés por frío con límites de aceptabilidad térmicos 80% de la ASHRAE para el diseño OD-original, RD - diseño revisado con aislamiento añadida a la azotea . Fuente: [2-4].

Zone	RTQ-R classification						RTQ-R comfort and discomfort hours												Classification	CDH or HC	Classification	POD (%)	number of hours	Classification	POC (%)	number of hours
4th floor	Original Design	OD	RD + fiberglass roof	RD + aluminum foil roof	POD by heat			POD by cold			POC															
					OD	RD + fiberglass	RD + foil	OD	RD + fiberglass	RD + foil	OD	RD + fiberglass	RD + foil													
														CDH	HC	CDH	HC	CDH								
BZ1	5.0	1.0	5.0	1.0	5.0	1.0	172	48	62	4892	5434	5352	3697	3278	3346	A	≥4.5	A	20	1752	A	80	7008			
BZ2	5.0	1.0	5.0	1.0	5.0	1.0	1076	719	743	4338	4573	4596	3346	3468	3421	B	3.5≤B<4.5	B	30	2628	B	70	6132			
BZ3	1.9	1.0	3.2	1.0	3.1	1.0	4356	3671	3677	309	373	399	4096	4716	4684	C	2.5≤C<3.5	C	40	3504	C	60	5256			
BZ4	3.6	1.0	4.5	1.0	4.3	1.0	2961	2125	2185	331	486	503	5468	6149	6072	D	1.5≤D<2.5	D	50	4380	D	50	4380			
BZ5	3.0		4.0		4.0		4468	3910	4062				3793	4266	4166	E	<1.5	E	>50	>4380	E	<50	0			
BZ6	4.0		4.9		4.9		3712	2979	3100				4555	5255	5140											
BZ7	1.3		2.3		2.0		7580	7360	7443				800	963	921											
BZ8	1.0		2.0		2.0		8612	8491	8521				148	269	240											

Legend.

Figura 23 Cuarta planta mediante Performance Clase de Edificio según RTQ-Ry POC y POD calculando al calor y estrés por frío con límites de aceptabilidad térmica 80% de la ASHRAE para el diseño OD-original, RD - diseño revisado con aislamiento añadida en azotea

Con las determinantes mencionadas por el grupo de investigación de (Oliveira, Vilela, Souza, & Silva, 2015), se pudo establecer las particularidades de las construcción y como las condiciones geográficas , climáticas y topográficas es necesario un análisis puntual sobre la normativa y los lineamientos que estas exponen como guías de evaluación de la condición de confort, debido a que su valoración puede ser subjetiva a la percepción de los habitantes y su entorno.

A continuación, podremos ver un cuadro con los postulados más relevantes dentro del estado del arte.

AUTOR	AÑO	ORIGEN	FORMA DE VALORACIÓN	APLICACIÓN	IMPLEMENTACIÓN O RESULTADO
-------	-----	--------	---------------------	------------	-------------------------------

HOUGHTON Y YAGLOU	1923		Temperatura efectiva	Valoración de la temperatura mediante la medición de la sensación térmica	Tabla No. de medición bajo parámetros de satisfacción
-------------------	------	--	----------------------	---	---

CROISET	1970	BARCELONA	Valoración mediante nociones térmicas, evaluación de condiciones climáticas y análisis de los fenómenos sobre la materialidad, modelo matemático.	Medición y cuantificación sobre los materiales y comportamientos de los mismos en un modelo matemático en condiciones de verano.	Desarrollo científico y modelo matemático por cambios de la radiación y la incidencia sobre los materiales.
---------	------	-----------	---	--	---

FANGER	1973	USA	Cualificación por escalas de medición, vestimenta, características zona de trabajo y clima	Medición de sensación térmica y valoración de zona de confort.	Implementación del método de índice de valoración media (IVM)
--------	------	-----	--	--	---

ISO 7730	2006	ESPAÑA	Establece el bienestar térmico para oficina espacios cerrados, evalúa fundamentado en Fanger y cálculos específicos para espacios de trabajo.	Implementación del estudio de asimetría de temperatura radiante por las condiciones de exposición.	Valoración dentro de los espacios cerrados con determinantes de viento, temperatura, humedad.
----------	------	--------	---	--	---

ASHRAE 62.2	2010	USA	Establece las condiciones de calidad de aire y método de valoración fundamentado en Fanger, determina la cantidad de CFM o L/S requeridos por área de operación.	Cálculo de consumo requerido por área y valoración de la cantidad de renovaciones	Modelo de inyección de aire por equipos mecánicos o métodos pasivos, cuantificación de volúmenes de aire.
-------------	------	-----	--	---	---

ASHRAE 55	2010	USA	Segmentación de la zona de confort mediante la evaluación de temperatura y humedad relativa.	diagrama psicométrico (Psychometric Diagram) de análisis de zona de confort	Valoración de rango de temperatura según las condiciones climáticas llevadas al modelo de satisfacción de un 80%.
--------------	------	-----	--	--	--

GUSTAVO SAN JUAN	2013	ARGENTINA	<p>Valoración mediante etapas:</p> <p>1. Etapa Análisis bioclimático general.</p> <p>2. Etapa dimensionamiento inicial de los sistemas</p> <p>Etapa dimensionamiento final.</p>	<p>Estrategias para prototipos de edificios bioclimáticos.</p> <p>$DB = CV + CAm + SaH + SaE + EE + Co$</p>	Uso en estrategias activas, pasivas y mixtas en edificios en argentina.
---------------------	------	-----------	---	--	---

Figura 24 Resumen de autores con postulados sobre el confort citados en estado del arte

Estudio del Confort Térmico

En base a la documentación revisada en el estado el arte, podemos identificar tanto los postulados como las estrategias que se implementan para el estudio del confort, claramente la normativa se fundamenta en el estudio de los comportamientos físicos del clima y la interacción de estos con los espacios arquitectónicos y se traduce en la percepción de los ocupantes.

Es por esta razón que se define dentro de la investigación y el estudio del confort la prioridad de la identificación de las condiciones climáticas, geográficas, topográficas y ambientales de las zonas de estudio, pues como lo vimos en el caso de estudio en Brasil, es determinante que todas estas variables sean evaluadas y comparadas bajo los estándares internacionales y corregidas bajo las normativas nacionales.

Condiciones de análisis

Temperatura y velocidad del aire según la región de estudio

Efecto de radiación transversal sobre los elementos propuestos

Materialidad y Resultado de temperatura operativa a partir de sistemas constructivos.

Concentración de humedad en superficies por agentes bióticos.

Exigencias de la condensación

Factores que intervienen en el confort

Temperatura (extrema de verano – invierno)

Diagrama Solar (azimut – orientación – elementos de control solar)

Humedad relativa (zonificación y materialidad)

Condición de Zona Climática (clasificación dentro de los estándares internacionales)

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la incidencia del diseño arquitectónico frente a la materialidad y climatización de la vivienda (confort térmico- temperatura operativa) en clima cálido húmedo tropical, para evitar la implementación de sistemas mecánicos de ventilación y la reducción de consumo energético.

Objetivos Específicos

Identificar los elementos del diseño arquitectónico que contribuyen a la variación de los rangos de confort establecidos para la zona de estudio.

A partir del diseño arquitectónico existente plantear alternativas pasivas que permitan la implementación de modelos que contribuyan a la reducción de la temperatura operativa.

Implementar un modelo fundamentado en las estrategias pasivas identificadas en el desarrollo de la investigación y que no contemple el uso de equipos mecánicos de ventilación.

Implementar en las simulaciones alternativas pasivas que permitan establecer configuraciones de ventilación natural cruzada para atender las horas pico de temperatura dentro de la vivienda.

Identificar mediante la simulación del clima en la vivienda la transferencia de las caras de contacto con la radiación solar y la implicación del material adecuado para llegar al proceso de inercia térmica y no afectar el confort interno ganado.

Metodología

Fundamentado en la metodología inductiva aplicada y siguiendo los aportes establecidos en el estado del arte , en donde determinamos los diferentes postulados y normativas nacionales e internacionales, que atienden la investigación del comportamiento del confort, optare por el modelo expuesto por Maurice Croiset en su documento “HUMEDAD Y TEMPERATURA EN LOS EDIFICIOS” (Croiset, 1970), en donde hace referencia a los parámetros para evaluar las condiciones del confort en época de verano (capitulo quinto).

Teniendo en cuenta la definición de la metodología, estableceré los parámetros a seguir dentro del desarrollo de la investigación, en donde se revisará la preexistencia de la vivienda contra parámetros de normativa ambiental nacional y estándares internacionales, para así poder establecer un punto de comparación y dar cumplimiento con el objeto arquitectónico a los compromisos de mitigación y reducción contra el cambio climático 2100.

Dentro de los resultados se busca establecer la diferencia de impacto socio cultural que puede tener un tipo de proyecto sostenible de vivienda campestre a un proyecto tradicional.

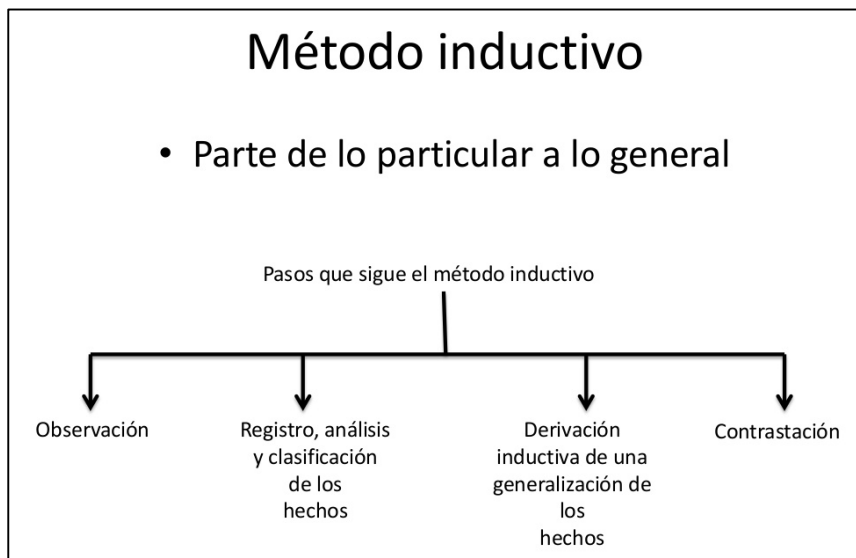


Figura 25 Diagrama de seguimiento de cómo se aplica un modelo inductivo dentro de la investigación.

Teniendo clara la metodología comenzaremos por enmarcar el modelo particular, el caso de estudio de una vivienda campestre para el municipio de Acacias Meta. Se realizará la observación del comportamiento del modelo de la vivienda frente a las determinantes establecidas por (Croiset, 1970) y mencionadas en el estado del arte, se procederá a realizar simulaciones mediante el software Design builder para tener registro de análisis y frente a esto se evaluarán las condiciones de confort según lo expuesto en la normativa contemplada en la Figura No.25.

Una vez se tenga dicha información se podrá realizar la revisión comparativa y se procederá a establecer estrategias para la mitigación, adaptación y transformación del objeto arquitectónico y así se podrá tener un contraste concluyente frente a la vivienda de caso de estudio y la propuesta planteada.

Estudio de Línea base de proyecto

Evaluación de condiciones climáticas.

Componentes geográficos

Componentes climáticos región

Componentes climáticos de Acacias - Meta

Componente de temperatura

Componente de radiación

Componente de Vientos

Componente de humedad

Componentes de precipitaciones

Evaluación de materialidad de la línea base de estudio

Caracterización de horas de confort en los modelos existente de vivienda de la zona de estudio.

Materiales propuestos en la vivienda

Comportamiento de los materiales bajo las condiciones de clima

Simulación de la vivienda en estado actual (línea base) bajo las condiciones climáticas

Comportamiento de corrientes de vientos al interior y al exterior CFD

Conclusiones de línea base frente a condiciones climáticas.

Evaluación resultados del estado actual y propuesta de estrategias

Planteamiento de corrección de deficiencias identificadas en línea inicial.

Evaluación de estrategias y recomendaciones mediante el software Climate Consultant

Implementación de zonificación e identificación de problemáticas según la zona de la vivienda.

Evaluación de las condiciones reales de confort frente a diagrama psicométrico y evaluación de (ANSI/ASHRAE, Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy, 2010)

Evaluación de línea base frente a normativa de ventilación

Evaluación de aberturas y renovación en la vivienda bajo normativa (ANSI/ASHRAE, Standard 62.2 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings - Building America Top Innovation, 2010)

Simulación mediante Desing Builder para cálculo de renovaciones existentes.

Descripción de resultados de temperatura operativa contra bulbo seco.

Ocupación de la vivienda y programación de actividades y usos.

Edición de modelo de vivienda existente y propuesta de modelo con estrategias de diseño sostenible.

Cambio de materiales de fachada para evaluación de transmitancia térmica

Cambio de materiales de cubierta para evaluar transferencias de temperatura bajo condiciones semana extrema de verano.

Cambio de aberturas y programación de rejillas y elementos que reflejen sombra.

Programación de uso y zonificación de la vivienda

Ocupación y condiciones metabólicas dentro de la vivienda.

Evaluación costos y ahorro energético según modelo de evaluación del software EDGE.

Resultados de modelo propuesto

Redistribución de espacios arquitectónicos en pro de mejorar condiciones de orientación y adaptación del modelo

Simulación mediante Design Builder de la vivienda bajo condiciones de semana extrema de verano y acondicionamiento con ventilación natural.

Comparativo de variación de materiales y mejoras en el valor U de los mismos.

Resultados de simulaciones y aplicativos.

Resultado frete a ahorros exigidos por resolución 0549 y estándares ASHRAE.

Resultado de proyección de retorno de inversión de las estrategias pasivas implementadas y proyección de costos de ahorro.

Línea base del proyecto

Contexto Regional

Historia de fundación

“El primer nombre escogido para la nueva fundación por los motivos históricos fue el de “Corregimiento de Boyacá”, como reza textualmente en el acta de fundación, pero por motivos desconocidos el nombre no prosperó. Triunfó definitivamente el más poético de todos, “Las Acacias”, debido a la gran cantidad de acacias playeras que circundan las riveras de los ríos entre los cuales se levanta la población (ríos Acacias y Acaciútas). Don Oliverio Torres Carrillo explicó que finalmente terminaron cambiándole el acento a la palabra, y quedó “Acacias”, porque para pronunciarla hay que sonreír, y para las gentes era más sonora y agradable al oído, la fundación se da el 7 de agosto de 1920.” (META, 2018)”



Figura 26 Iglesia parque principal de Acacias Meta

Cultura llanera

En Villavicencio encontramos la casa de la cultura Jorge Eliécer Gaitán la cual es la encargada de desarrollar los proyectos y agendas culturales de la región, por ser sede de la capital del Meta. La proximidad con Bogotá y el desarrollo de infraestructura que se ha tenido para la comunicación de las regiones ha permitido la creciente actividad turística mediante los alojamientos rurales en fincas. El paisaje llanero es de gran atracción. Hay lugares de gran belleza como el caño Cristales, reconocido a nivel mundial, y el alto de Menegua en Puerto López. En la región se realizan eventos importantes como el Festival del Retorno o Nacional de la Canción, el Reinado del Joropo, entre otros. El joropo es su música y el coleo, su deporte preferido que acompaña a todas las festividades, junto con platos típicos como la cachama asada o sudada y, por supuesto, la ternera a la llanera o mamona.

Demografía.

La zona de transición del Piedemonte del Meta tiene 63.563 personas en el 2002 frente a 13.490 registradas en 1951, la población total se eleva a 67.092 habitantes (8.68% del total departamental), que fundamentalmente estarán en Acacias (75.5% del total de la zona), esta información es tomada de los informes de registro del DANE.

Tabla. 1 Indicadores Poblacionales N° 1-2016

Total Población por Municipio	70.469
Densidad Poblacional	61,33
Población Total Urbano	59,528
% Población Urbano Municipal	84,47
% Población Urbano Departamental	6,08
Población Total Rural	10.941
% Población Rural Municipal	15,53
% Población Rural Departamental	1,12
Total Población Masculina por Municipio	35.472
Total Población Femenina por Municipio	34.997
E SEX RATIO	101,36
Tasa de Masculinidad TMAS	50,34

Fuente: Proyección DANE 2005-2016 / Cálculos: SIID 2016

Figura 27 Indicadores de población Acacias Meta. Fuente DANE

A continuación, podemos ver el desplazamiento del borde urbano del municipio, y el crecimiento del caso urbano y la absorción de la zona rural productiva.

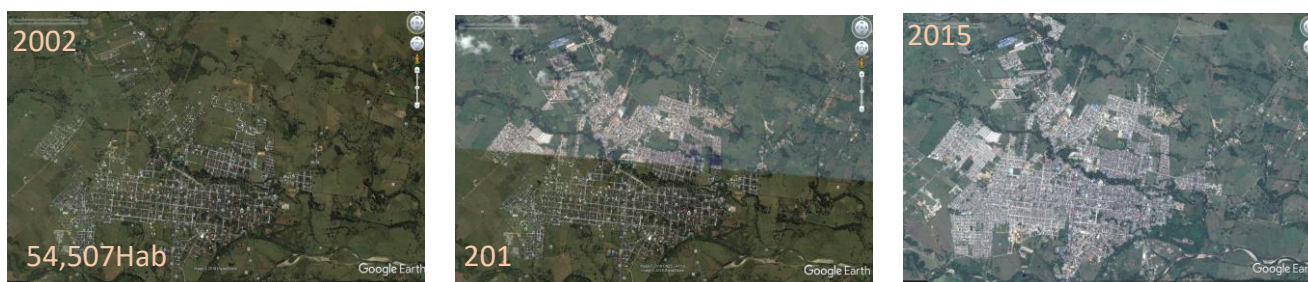


Figura 28 En las gráficas podemos ver cómo se va presentando el crecimiento del casco urbano en el periodo de 2002 a 2015 se tiene un incremento del 70% frente a la densidad poblacional.

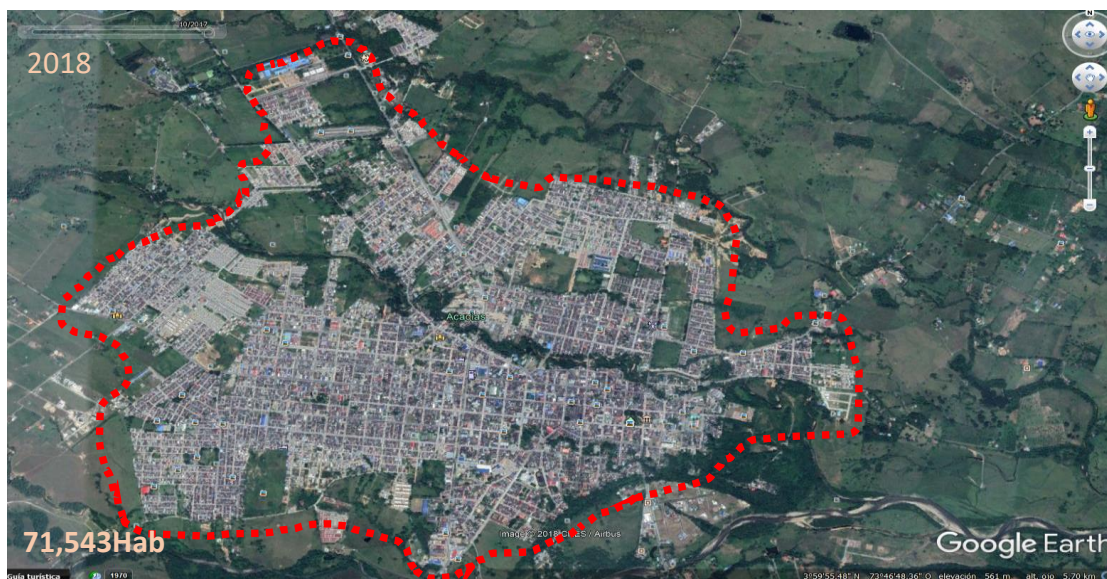


Figura 29 Fotografía aérea de Google maps en donde se marca el perímetro urbano y se puede ver como el crecimiento del borde del casco urbano presenta una diferencia en la población de 15,989 habitantes.

Podemos observar como en la planimetría del borde urbano refleja ese 75,5% en 2018, en el año 2002 contaba con una población de 54,507 habitantes, para el año 2015 se cuenta con una población de 70,469 habitantes, marcando una diferencia de 15,989 Habitantes, entendido un incremento por año de 1,142 habitantes, generando así mayor demanda de servicios e infraestructura.

Compromisos para el cambio climático

Dentro del documento elaborado por el (IDEAM, 2015), en las fichas de caracterización de cambio climático por región, podemos ver como en la zona de estudio del Meta, los factores proyectados a 2100 nos muestran un panorama de una temperatura promedio de $26,4^{\circ}$, sumándole a esto la reducción de las superficies de cobertura vegetal que se está presentando en la región por el proceso de urbanización y ampliación de los cascos urbanos.

Este fenómeno nos permite evidenciar cual será el escenario más crítico dentro de los parámetros ambientales, llevado a una alta temperatura y una baja humedad, cambiando así la condición propiciamente con la reducción de humedad y trasformación de ecosistemas naturales bióticos.

Tabla convención Temperatura		TABLA POR PERIODOS / ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO 2011-2100						Tabla convención Precipitación	
		2011	2040	2041-2070		2071	2100		
		Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)	Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)	Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)		
		0,9	-7,46	1,7	-5,68	2,4	-3,89		

Figura 30 Grafica de variaciones de escenario de cambio climático 2011-2100, en la Tabla No. se puede observar como dentro de la proyección en color rojo el incremento resulta ser crítico en comparativo de 2011 a 2100. (IDEAM, 2015, pág. 42)

Recolección de la información

Estaciones de monitoreo

Dentro de la caracterización del clima nos referimos a la Tabla de Mahoney en donde encontramos la información organizada según los datos obtenidos en estaciones climáticas del IDEAM, en el caso de estudio contamos con dos estaciones próximas una en Villavicencio, la primera estación fue instalada en 1961 y se encuentra en la entrada del municipio de acacias, en las siguientes coordenadas (3.9946388889°, -73.7655833333°), esta estación se encuentra como: ACACIAS [35010020], las mediciones que realiza dicha estación hacen referencia a la pluviometría y es considerada estación meteorológica dentro del inventario nacional, la segunda estación se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas (3.8783333333°, -73.7586111111°), se encuentra adjunta al municipio de Guamal, esta estación esta denominada como GUAMAL [35010070], las mediciones registradas a esta hacen referencia a pluviometría y es catalogada dentro del inventario nacional como estación meteorológica. Teniendo esta base de información se procede a construir la base en la Tabla No. de Mahoney y así mismo poder construir el archivo EPW que se usara para simulaciones mediante el software Desing Builder.¹

Componente clima

Teniendo en cuenta la información suministrada por Meteonorm procedemos a construir la siguiente Tabla No. de referencia frente al comportamiento de temperatura en el municipio de Acacias.

¹ La información contenida hace parte de los registros históricos IDEAM 1981-2010

Temperatura

La mayor temperatura en el mes de enero con 33,3°C, lo cual nos indica que al tener cuerpos verdes próximos o corrientes de agua serán de gran ayuda para generar una barrera de protección y mejorara las condiciones de temperatura, se puede ver que la época de verano se divide en dos fases, la primera comprende el mes de enero y la segunda el mes de mayo con 32°C.

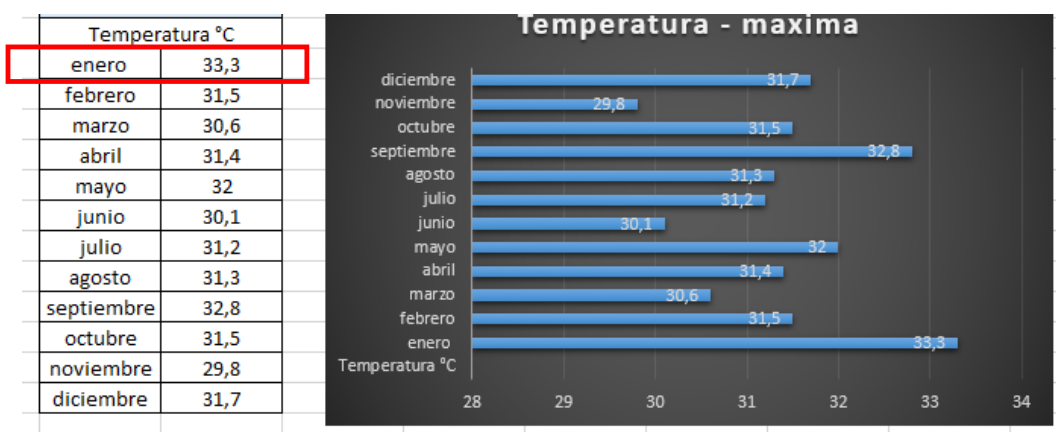


Figura 31 Temperatura máxima, en esta Tabla No. podemos observar los valores de temperatura por meses y el promedio del mes en grados centígrados. - Fuente: Autor

Temperatura Mínima: la menor temperatura se presenta en diciembre con 15,7°C, lo cual nos indica que puede existir una variación durante el año de 17,6° reflejados en los días críticos o extremos tomando como referencia el punto más alto y el más bajo.

Esta determinante de temperatura baja nos habla de posibles periodos de vientos provenientes del pie de monte llanero, el cual contribuye a que dicha fluctuación sea tan considerable.

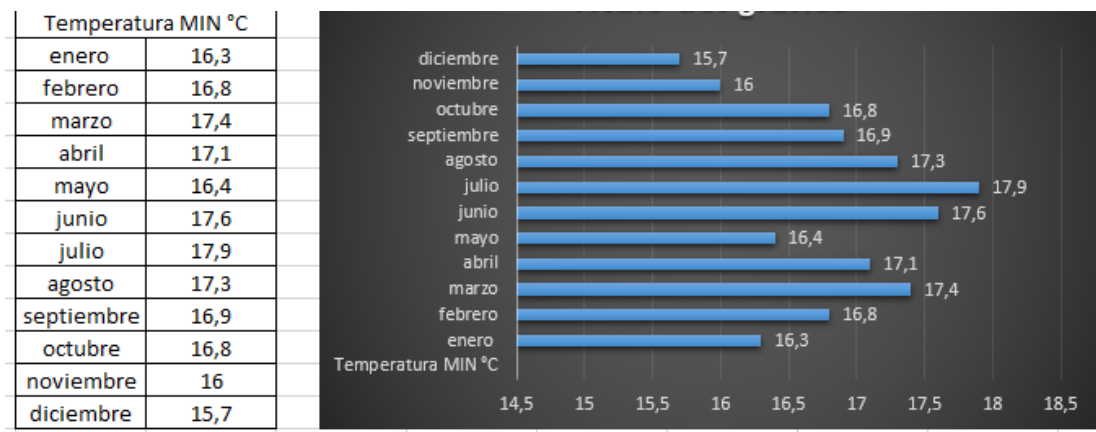


Figura 32 Temperatura mínima promedio por mes, Fuente: Autor

Efecto llanura: Cuando hablamos de una zona de llanura como lo es acacias, encontramos dos factores claves que inciden en la variación de temperatura, el primero hace referencia a la cantidad de nubes dispuestas, las cuales permiten el paso de la radiación solar y el aumento o la disminución de la temperatura el segundo hace referencia a la cantidad de humedad o saturación de agua que pueda tener el ambiente.

Clasificación del tipo de clima: La clasificación del clima según ASHRAE® corresponde a un clima tipo 1A, lo cual nos indica que:

Clima Tropical

Altas precipitaciones

Zona húmeda no marina

Vegetación que supera 30mt

Componente radiación

Teniendo en cuenta la información suministrada por el IDEAM y por la triangulación realizada por el programa Meteonorm, obtenemos los siguientes datos de medición de la zona de estudio.

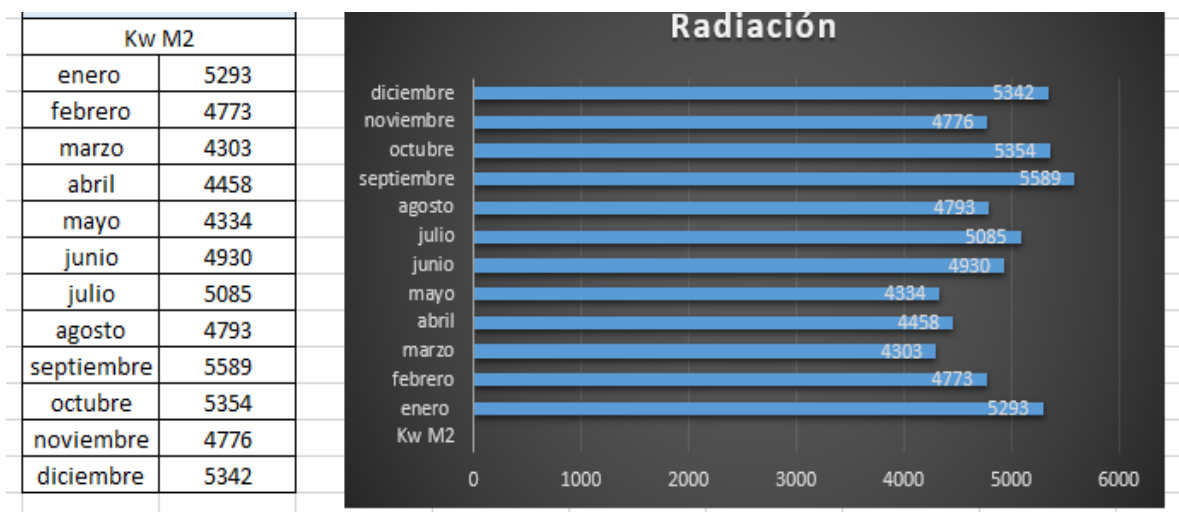


Figura 33 Radiación en el municipio de Acacias meta, Fuente: Autor

Radiación Total

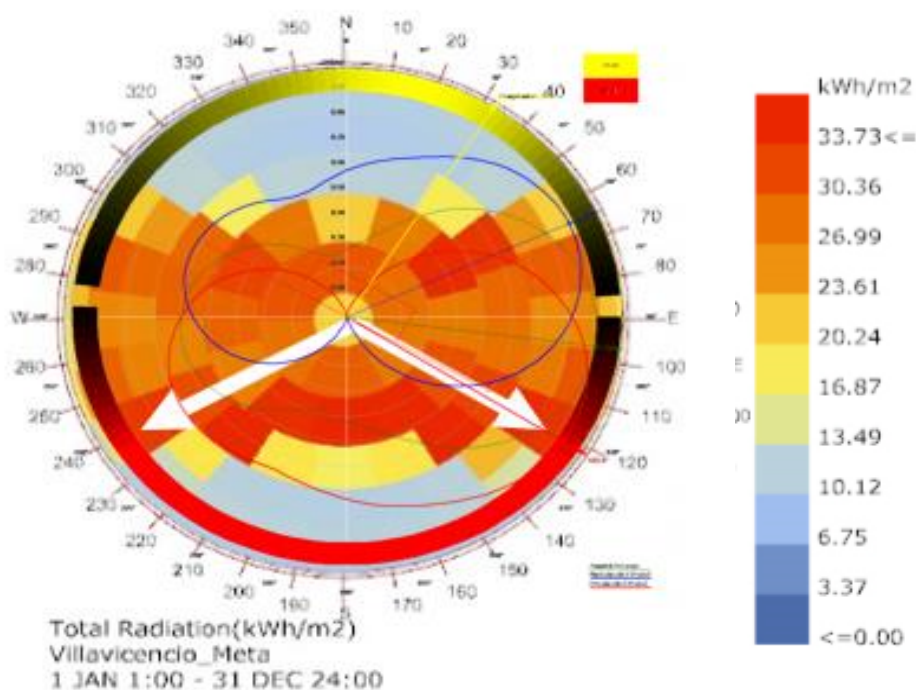


Figura 34 Grafica de radiación total, esta grafica es construida mediante el archivo EPW y el programa Rhinoceros y Grass Hopper

Podemos identificar en el grafico como existen dos puntos críticos que coinciden con la zona de recalentamiento , 120E y 240W , lo cual reafirma la posición de que esta zona en el mes de septiembre debe tener un aprovechamiento y una protección , según la disposición arquitectónica.

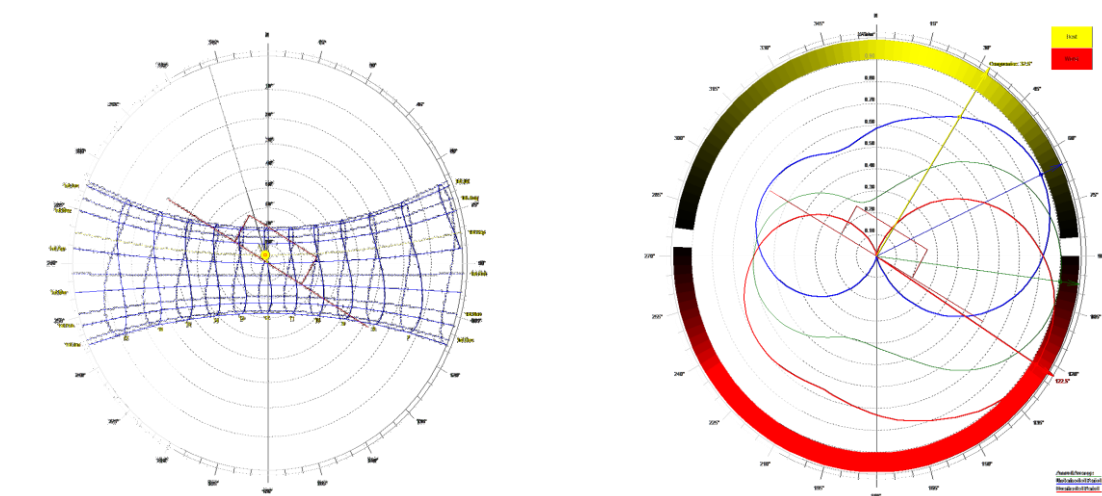


Figura 35 Grafica de trayectoria solar y mejor orientación – Fuente: Weather tool Autor

Proyección solar: podemos ver en el gráfico de la derecha el mes más alto en radiación y este como se proyecta sobre un eje perpendicular sin mayor desplazamiento angular.

Direccionamiento del emplazamiento: En la gráfica de la derecha podemos identificar como se determina que la posición optima de implantación (sobre exposición normal) es con un Angulo de $32,5^\circ$ con respecto al norte, así mismo nos muestra la zona de recalentamiento o la zona de mayor exposición la cual está en $122,5^\circ$ y los 270° .

Radiación Difusa.

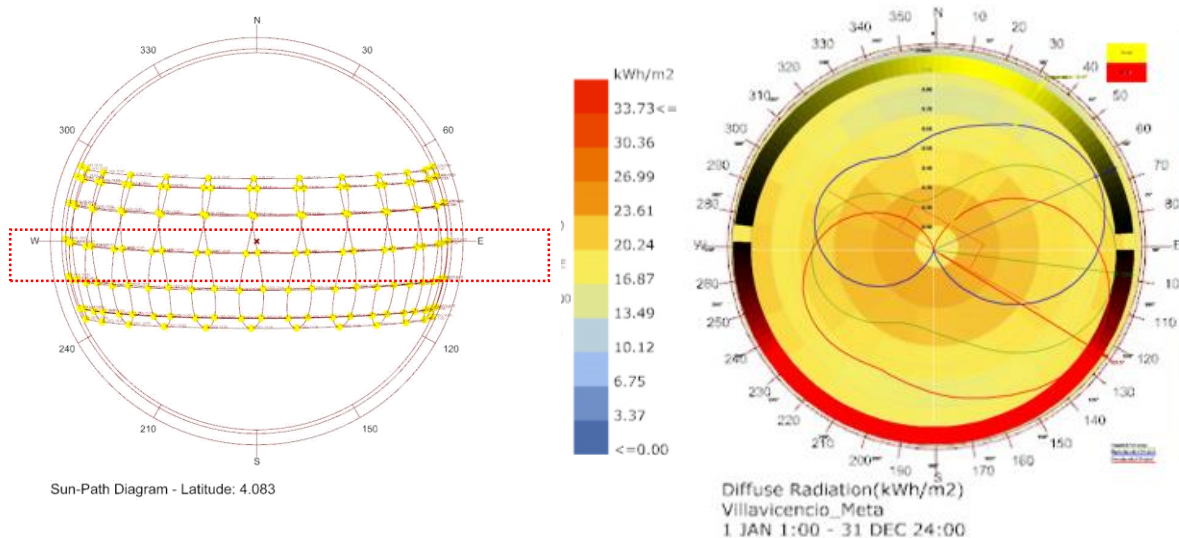


Figura 36 Diagrama de radiación difusa

Al ser septiembre el mes con la radiación que se mueve sobre el eje 0-90 proyecta un incremento en temperatura máxima de 32,8°C y una mínima de 16,9°C lo cual nos lleva ver como este fenómeno da comienzo de una corta época de verano causa efecto en la nubosidad dejando un indicador homogéneo al perímetro de la gráfica y un centro con mayor radiación difusa.

Radiación Directa

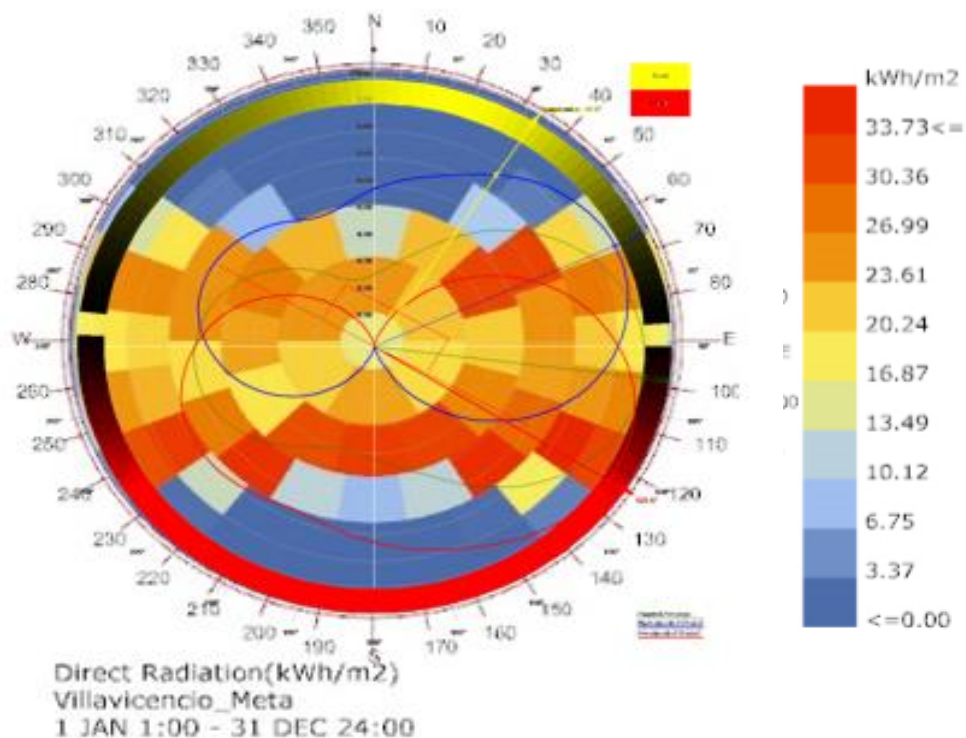


Figura 37 Diagrama de radiación directa, en la gráfica podemos ver como se presenta la radiación por colores, en donde la proximidad a color rojo es mayor intensidad y el tono azul es menor, se define en el centro la posición del elemento. Fuente: Weather tool -A

Podemos observar como en la franja noreste(Grafica radiación solar) hay un pequeño aumento de la radiación directa (color rojo) , la cual está fuera del rango de la zona (15,27Kwh/m²) , esto nos indica que las direcciones predominante de radiación provienen de la zona sureste y suroeste, las cuales están en un rango en la zona este de 22.91 Kwh/m² y en la zona oeste de 17.82 Kwh/m² , esta determinante nos indica que en estas zonas debemos tener protección contra la radiación , lo cual se puede controlar con cortasoles o muros Adiabáticos. O si se quiere aprovechar mediante elementos de absorción.

Conclusiones componente clima

Variación de temperatura de 17,3°C de día a noche

Dirección de radiación total en franja sureste y suroeste

Alta radiación difusa en dirección este – oeste

5 meses de aumento de temperatura. (enero, marzo, Julio, Agosto, Septiembre)

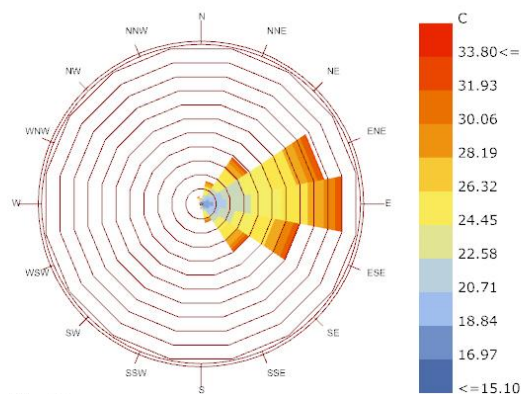
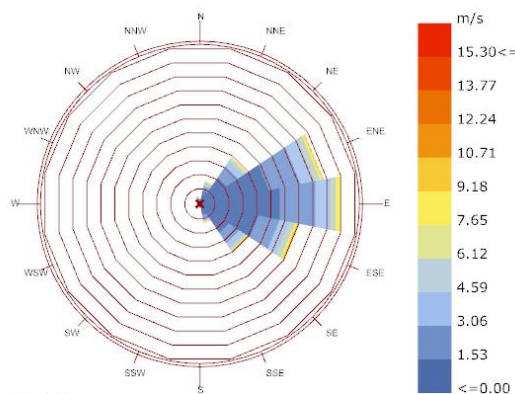
Condición de clima de Llanura

Se deben tener en cuenta sistemas de captación y de absorción de radiación

Sistemas de protección como pérgolas o aleros

Comportamiento Vientos Acacias Meta.

Figura 38 Grafica de dirección de vientos y temperatura del viento Fuente: Weather tool -Autor



Rosa de Vientos: Dirección del viento predominante Norte - este y sur este, vientos próximos a 1.53m/s en proximidad oeste – este y que bajan de la cadena montañosa del pie de monte llanero. Esta es una de las directrices que se deben evaluar en el lugar preciso de implantación, puesto que factores como vegetación, edificaciones, barreras naturales pueden variar dicha velocidad por fricción.

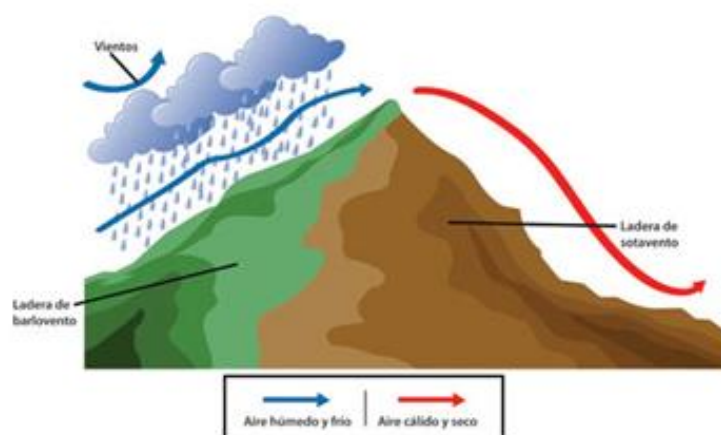


Figura 39 Grafica de dirección de vientos y temperatura del viento Fuente: Weather tool -Autor

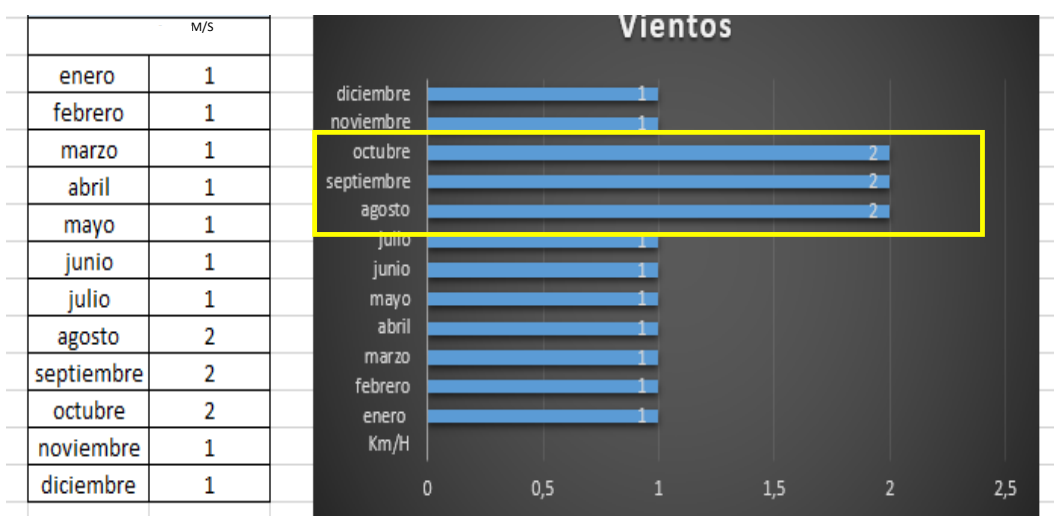


Figura 40 Promedio de vientos por mes: Fuente Autor

En la figura 40 podemos observar que los meses con mayor incidencia son agosto a octubre con 2M/S, meses siguientes a la época de lluvia y comienzo de un tiempo de verano, es decir que sucede el efecto de refresh en el paso de invierno a verano en condiciones de precipitaciones, lo cual nos habla del comportamiento que tendrán los materiales de fachada en este periodo. Se observa que los vientos son predominantes están determinados por el pie de monte llanero en el cuadrante norte -este, tal como lo indica el diagrama de velocidad y dirección de vientos.

Temperatura y velocidad

Como vemos en la gráfica la temperatura del viento está partiendo de los 29.8°C en dirección Noreste y con dirección este, alcanzando una temperatura mínima de 18,7°C, lo cual nos enmarca el clima de llanura y determinando un viento cálido y seco. La velocidad del viento aumenta a partir de los 8 Mt de altura, iniciando con una velocidad de 1,38m/s y llegando a una velocidad de 1,84m/s a una altura de 48Mt.

Humedad relativa

Dentro de la evaluación de la humedad relativa encontramos que se tiene un rango entre 92% y 95 % y un incremento al 98% en el mes de enero. La humedad presente en el ambiente hace referencia a la condición climática de la clasificación de tipo 1 A según el ASHRE.

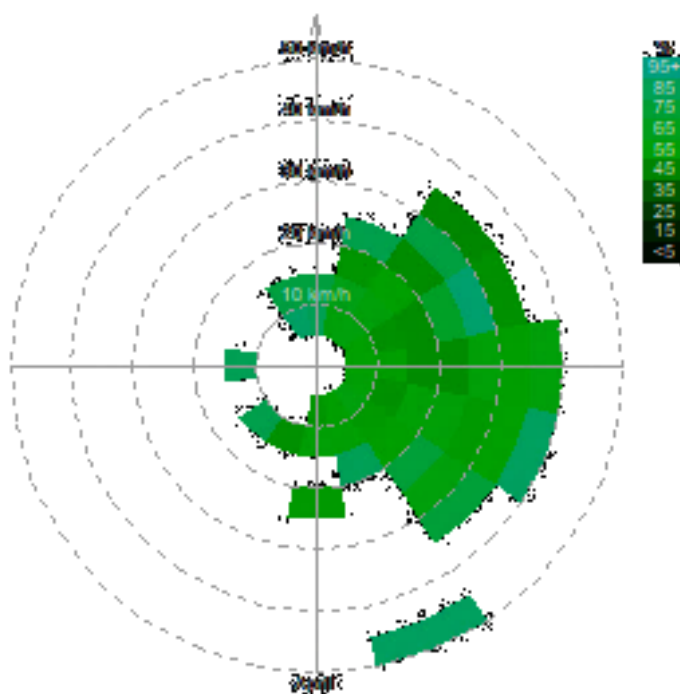


Figura 41 Diagrama de Humedad Relativa, Fuente: Software Weather tool - Autor

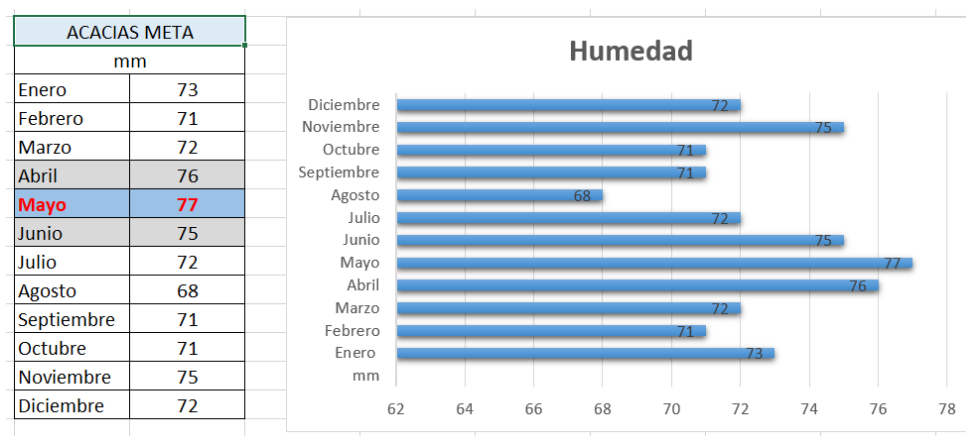


Figura 42 Humedad por meses

En los datos obtenidos encontramos que el mes de mayo es el que tiene mayor humedad con 77%, lo cual sí contrastamos contra las precipitaciones, vamos a ver que en periodo de abril a junio se encuentran las cifras más altas y nos indican el periodo de lluvias e inundaciones. Este valor se ve afectado también por que durante este periodo se encuentran las temperaturas

aumentando para el verano que inicia en septiembre, por esta razón vemos como en la gráfica se percibe una humedad alta en el cuadrante norte -oriental y sur oriental.

Confort

1. COMFORT: (using California Energy Code Model)

21.1	Comfort Low - Min. Comfort Dry Bulb Temp (°C)
23.9	Comfort High - Max. Comfort Dry Bulb Temp, up to 50% RH (°C)
80.0	Max. Relative Humidity (measured at Min. Comfort Temp) (%)
-2.8	Min. Dew Point Temperature (°C)

Figura 43 Confort en la zona fuente: Software Climate Consultant-Auto

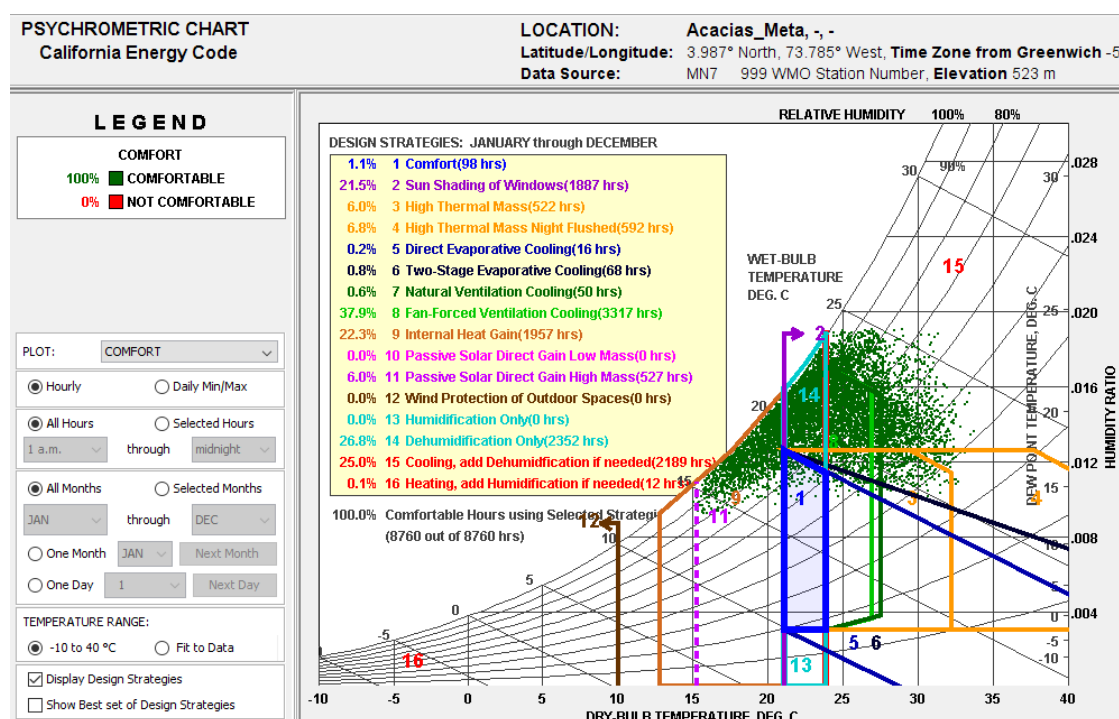


Figura 44 Diagrama de confort, se identifica la banda azul como la zona de confort, Fuente: Software Climate Consultant-Autor

Se toma como base el diagrama de Confort bajo la norma modelo de confort y código de energía, California – 2008. Dentro de la gráfica encontramos los siguientes parámetros para el lugar de estudio: 1 zona de Confort entre los 21,1°C y 23,9°C., y un rango de 98 horas de confort, lo cual es muy bajo dentro de las 8760 horas que tiene el año.

Precipitaciones

Podemos ver en la gráfica que se cuenta con el inicio de un periodo de lluvias intenso comprendido en abril a Julio y finaliza con un periodo de octubre a noviembre, pero es de resaltar que de los 12 meses del año se tiene un rango de 5 meses con altas precipitaciones 3 meses con un carácter medio y 4 con bajas precipitaciones

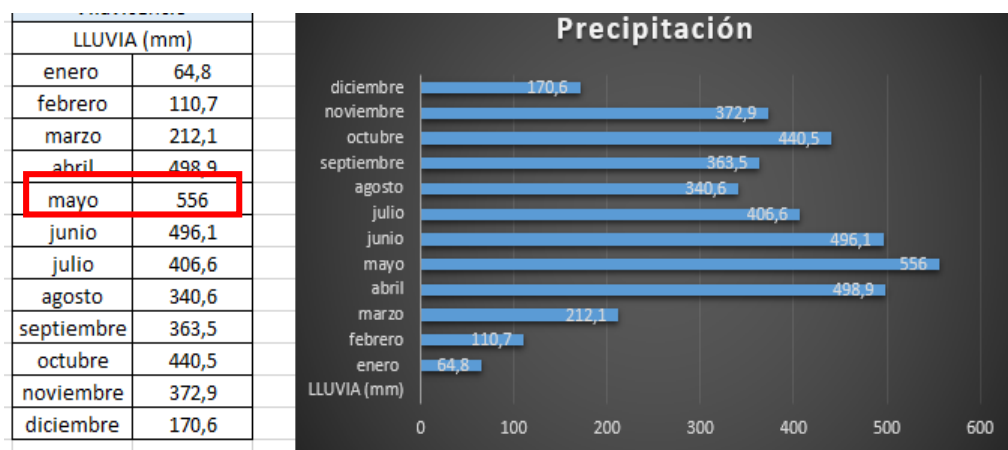


Figura 45 Precipitaciones promedio mensuales Fuente: Autor

Precipitación máxima: en el mes de mayo se registran 556mm como pico de la temporada de lluvia, es de resaltar que este periodo denominado húmedo comprende del mes de abril hasta el mes de junio, pero la diferencia en el año entre el mes más alto y el mes más bajo es de 216 mm, esta es una determinante de estrategia para la reutilización y la correcta distribución de ese caudal de agua dentro del proyecto y la superficie de cubiertas.

Por otra parte, revisaremos el mes con mayor incidencia en lluvias, y se podrá establecer cuáles son las horas con mayor intensidad de lluvias.

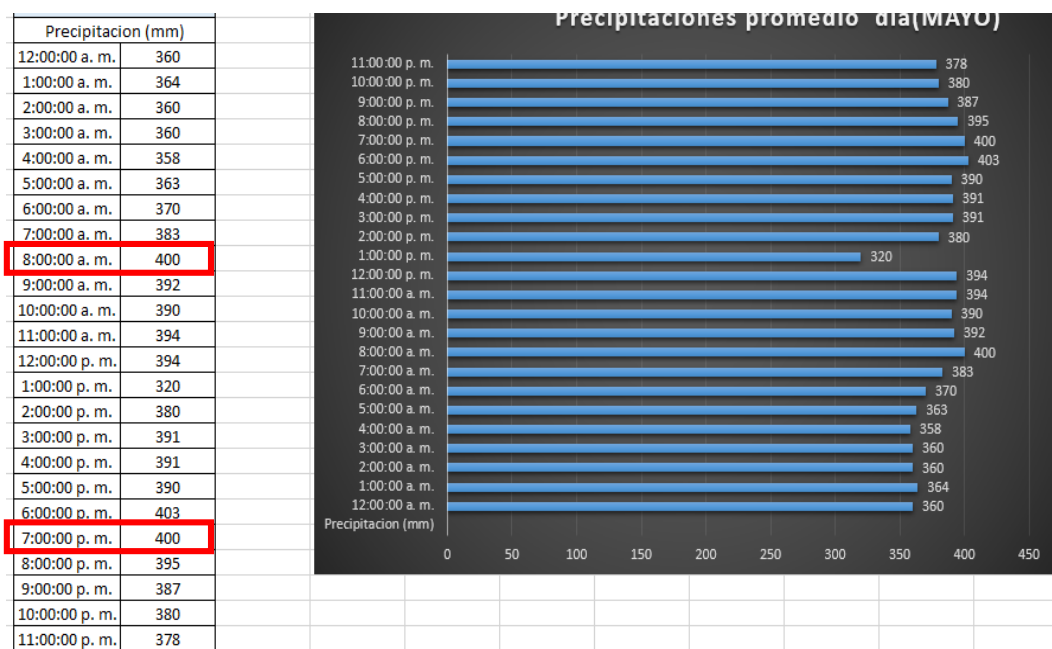


Figura 46 promedio de precipitación diario Fuente: Autor

En el análisis del mes encontramos que las horas con mayor intensidad de lluvias son las 8 am y las 7 pm , donde presenta una cifra de 400mm , lo cual nos determina el caudal que debemos atender en escorrentías s durante este periodo y así mismo nos habla de la incidencia que tendremos en la zona.

Línea Base - Bariwá Condominio Campestre – Acacias Meta

El condominio campestre Bariwá es un proyecto que integra la experiencia de vivir con la madre tierra, cuenta con un entorno natural conformado por más de 70.912 m² de reserva ambiental 116 árboles recuperados, 20 de ellos con una tradición milenaria que se esparce por las 37 hectáreas del proyecto.

Bariwá cuenta con 164 lotes de los cuales 143 van desde los 1.100 m² hasta los 1.500m² y 22 desde 1.138m² hasta 1.787m², donde se juega con una composición del espacio abierto y continuo en conmemoración al atardecer llanero, en su corazón cuenta con una estructura comunal de 9 hectáreas para la entretención y el esparcimiento, recorridos peatonales, senderos ecológicos, espejos de agua, juegos de chorros, 3 edificios comunales con espacios para reuniones y/o eventos sociales para una capacidad total de 400 personas.

Las viviendas están concebidas como el desarrollo natural de nuestros árboles nativos que se enraízan a gran profundidad para poder brindar seguridad, cobijo y confort.

Como línea base será el denominado casa CAJCA del proyecto Bariwá el cual está en proceso de construcción en el municipio de Acacias Meta, la vivienda cuenta con 174,98m² y no posee en la actualidad especificaciones de construcción sostenible.



Figura 47 Renders del proyecto Bariwá Fuente: Autor

Teniendo en cuenta las condiciones de la vivienda de línea base expuesta y la evaluación de las morfologías de variación de tipo de cubierta y de altura se puede observar un patrón particular y es que la respuesta y variación del confort es directamente proporcional a la altura y la composición de cubierta, clasificando así la vivienda en estudio de Bariwá como en el segmento de los modelos con menor rango de Confort como lo veremos en el estudio de viviendas de la región.

Arquitectura y contexto local

Es posible que si se realiza el diseño de la vivienda partiendo de las condiciones climáticas del lugar y los referentes de la zona se pueda consolidar un mejor diseño, implementando estrategias de sostenibilidad para la unidad de vivienda, lo cual permitiría generar un impacto significativo en el ahorro de recursos naturales propuesto para que el proyecto sea sostenible y sustentable.

Estos ahorros impactaran de manera directa los presupuestos y costos de unidad de vivienda y de urbanismo, proyectando a dar respuesta a los indicadores establecidos por el IPCC para 2100 y así mismo será pionero en el desarrollo de una línea base implantación de vivienda campestre eficiente y amigable con el medio ambiente.

Evaluar la incidencia de diseño arquitectónico frente a la materialidad y climatización de la vivienda (confort térmico) en clima cálido húmedo tropical, para la no implementación de sistemas mecánicos de ventilación y la reducción de consumo energético.

Identificar los parámetros de incidencia dentro del diseño arquitectónico que contribuyen a la variación de los rangos establecidos de confort para la región de Acacias meta. Evidenciar como las estrategias de diseño arquitectónico existentes contribuyen en su correcto funcionamiento a favor de un mejor confort térmico.

A partir de vivienda existente (estrategias actuales) plantear alternativas pasivas que permitan la implementación de modelos que contribuyan a la reducción de la temperatura operativa. Implementar en las simulaciones alternativas pasivas que permitan establecer configuraciones de ventilación natural cruzada para atender las horas pico de temperatura dentro de la vivienda.

Identificar mediante la simulación del clima en la vivienda la transferencia de las caras de contacto con la radiación solar y la implicación del material adecuado para llegar al proceso de inercia térmica y no afectar el confort interno ganado.

Condición Normativa Acacias.

Norma aplicada al predio

Clasificación del suelo (POT): Suelo mixto – sub urbano y rural (ver línea de diferenciación).

Cesiones (POT): Cesión tipo A y Cesión tipo B

Determinantes ambientales (cormacarena)

Afectaciones viales

Implementación plan maestro de espacio público.

Norma de uso

URBANO: Se considera la clasificación del suelo urbano a partir del eje de la vía principal que pasa frente al predio el argel, el cual cuenta con disponibilidad de servicios y proyección de vivienda campestre.

Artículo 26(POT) – Clasificación del suelo sub urbano

Artículo 29 (POT) - Exigencia para el uso urbano (vivienda- dotacional).

Tabla No. 15 - Clasificación residencial (vivienda campesina residencial – parcelación campestre)

Artículo 31 – Índice de ocupación

Artículo 32 – índice de construcción

Artículo 33 – altura de edificaciones

Artículo 34 – Aislamientos

Densidad máxima 5 viviendas por hectárea

Ubicación del predio de implantación.

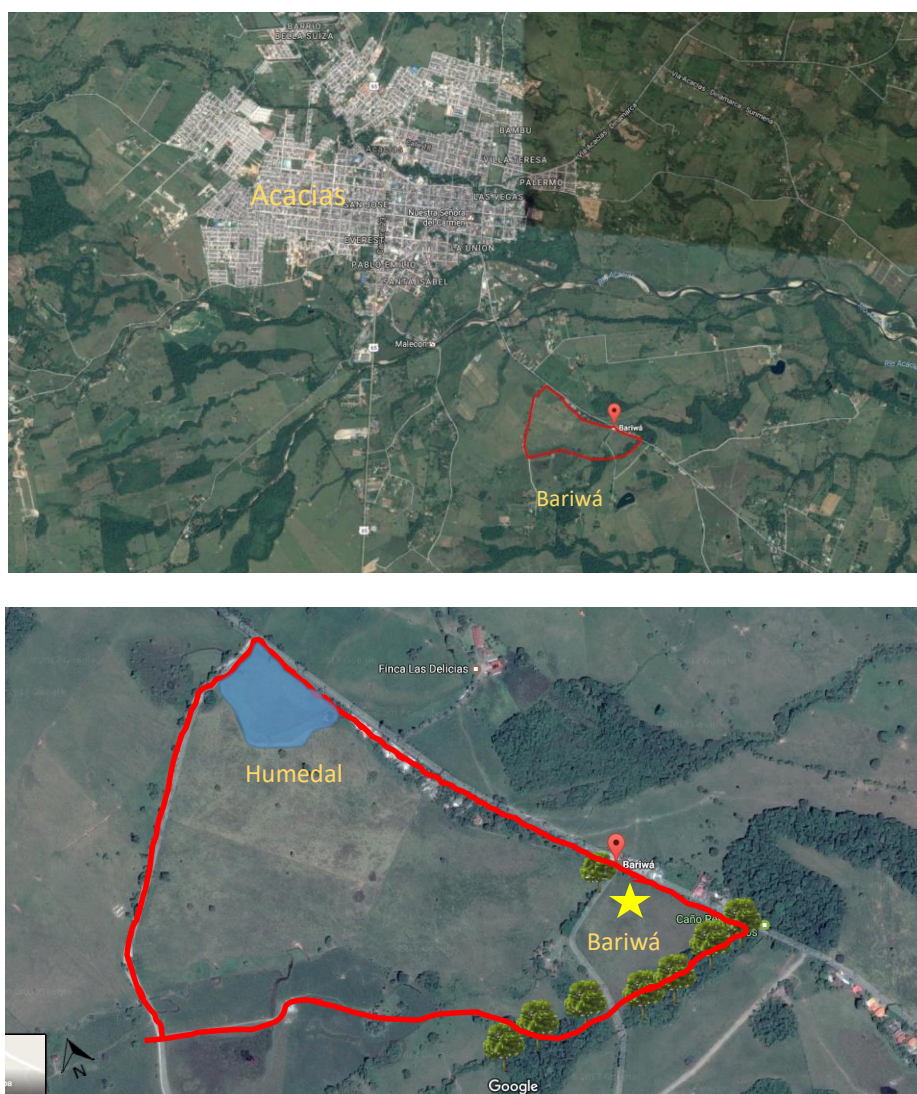


Figura 48 Identificación de predio sobre Google maps Fuente: Autor

Encontramos un predio de 37 hectáreas en donde de un extremo al otro en sentido vertical presenta una variación de 7 Mt, el predio presenta una condición geo mórfica impermeable, es decir la composición de la estructura de limos presenta una condición de superficie que retiene el agua y no permite que este pase a las demás capas de subsuelo.

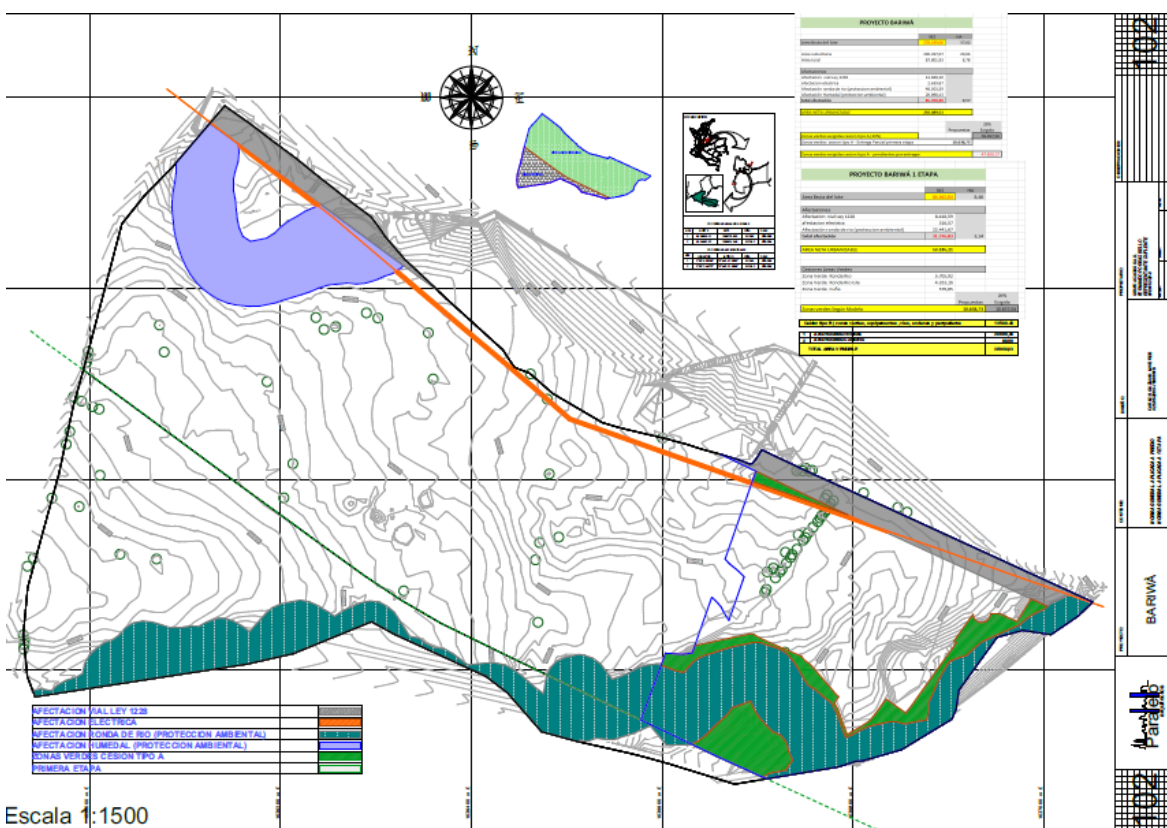


Figura 49 Plano de zonificación normativa POT, afectaciones ambientales. Fuente: Autor

Dentro de la imagen del plano contenida, podemos observar la clasificación de la normativa que se aplica al predio, determinantes ambientales, reservas de humedales , cañadas y zonas boscosas, así mismo vemos como se encuentra la afectación vial en el predio por normativa y las zonas de entrega al municipio como cesión tipo A dentro del proceso de licenciamiento urbano.

Lugar de implantación Bariwá.

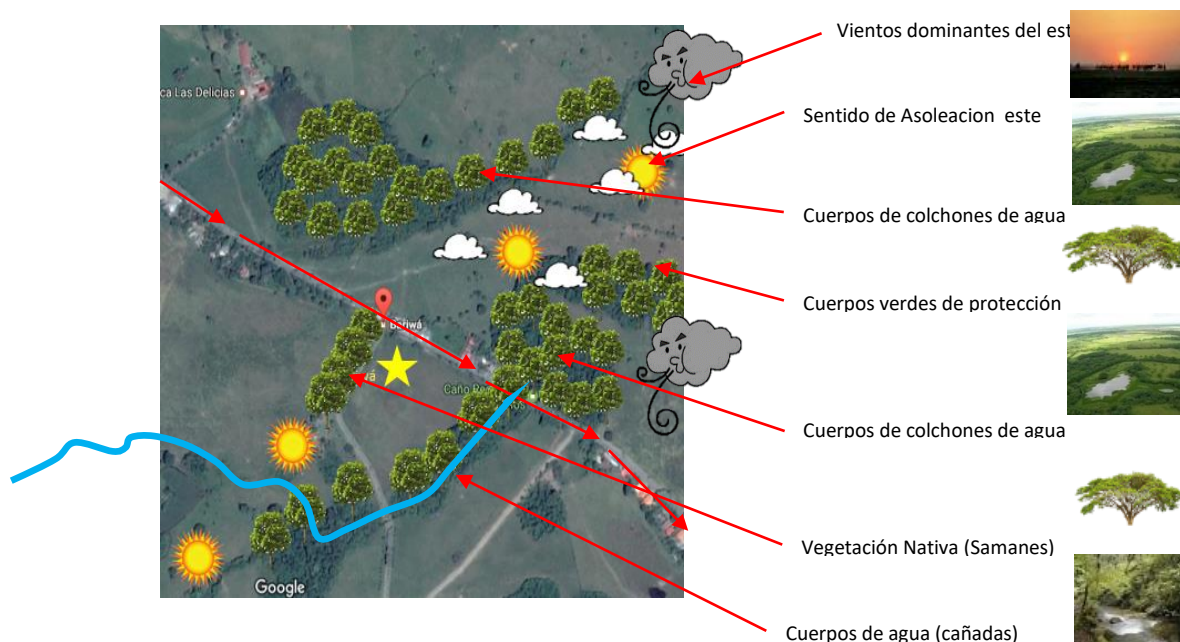


Figura 50 Ubicación de cuerpos verdes dentro del predio de implantación.

El proyecto se encuentra en el borde urbano del municipio de acacias meta, lo cual cataloga el predio como sub urbano en un 80% y rural en un 20%, así mismo se encuentra rodeado por fuentes hídricas y zonas de conservación estipuladas por CORMACARENA; grandes y frondosos árboles conforman la red vegetal que rodea las quebradas y nacimientos de agua que se encuentran en el predio.

Estrategias de implantación

Analizando el lugar de implantación encontramos determinantes propias del lugar, como lo son la vegetación, las fuentes hídricas y las vías de acceso al predio, estos factores junto a los estudios de clima del municipio (Acacias) no modelan las determinantes para la implantación, dentro de los puntos más importantes que tenemos están:

Dirección de la zona social - vientos y asoleación

Dirección de captación del viento- refrigeración natural (ventilación cruzada)

Dirección de asoleación (orientar superficies de contacto)

Dirección de las habitaciones para tener ganancia de sol en el día y mantener temperatura en la noche

Disposición de los elementos frente a los cuerpos verdes

Propuesta Programa y Distribución espacial línea base

Dentro de las determinantes del segmento de mercado que se ofertara el producto las condiciones son las siguientes:

3 alcobas con capacidad para 3 camas sencillas

Baños independientes para las habitaciones y para la zona social y la zona exterior

Zona social que se pueda extender al exterior, tener la posibilidad de un espacio conectado con el exterior para las reuniones familiares o sociales.

Cocina abierta e integrada al espacio social.

Zona exterior con la posibilidad de piscina y deck para reuniones.

Como resultado podemos ver que el mejor modelo que se puede implementar en la zona es el de altura 2,3 Mt y a dos aguas (modelo optimo), lo cual se evidencia en el recorrido que se hace por la zona rural del municipio. En la clasificación de las tipologías podemos incluir la línea base casa campestre CAJCA, estaría dentro del segmento de viviendas de bajo rango de horas de confort, lo cual nos ayudara para establecer un comparativo frente al cumplimiento del decreto 0549 de 2015 como normativa nacional.

Dentro de la especificación de la tipología de la vivienda se tiene contemplada la estrategia de ventilación cruzada, la cual busca el bajo consumo del sistema de aire acondicionado, así mismo se realiza la verificación de que esta propuesta funciona correctamente frente a la tipología de vivienda con menor rango de confort, puesto que la temperatura promedio en la actualidad está sobre los 24°C en el día y los 17° en la noche.

Modelo arquitectónico línea base



Figura 51 Paso uno de distribución de programa arquitectónica Fuente: Autor

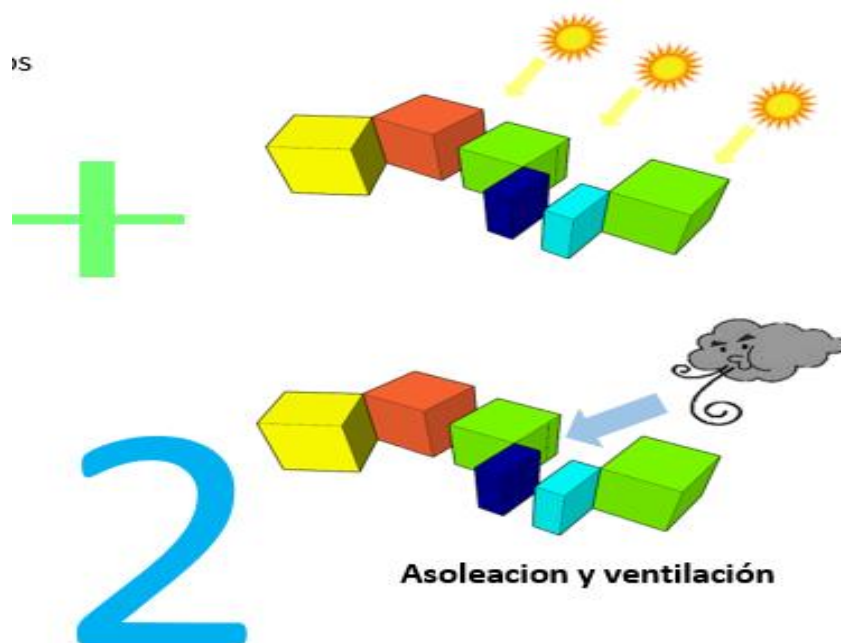


Figura 52 Paso 2 de distribución según uso y ventilación Fuente: Autor

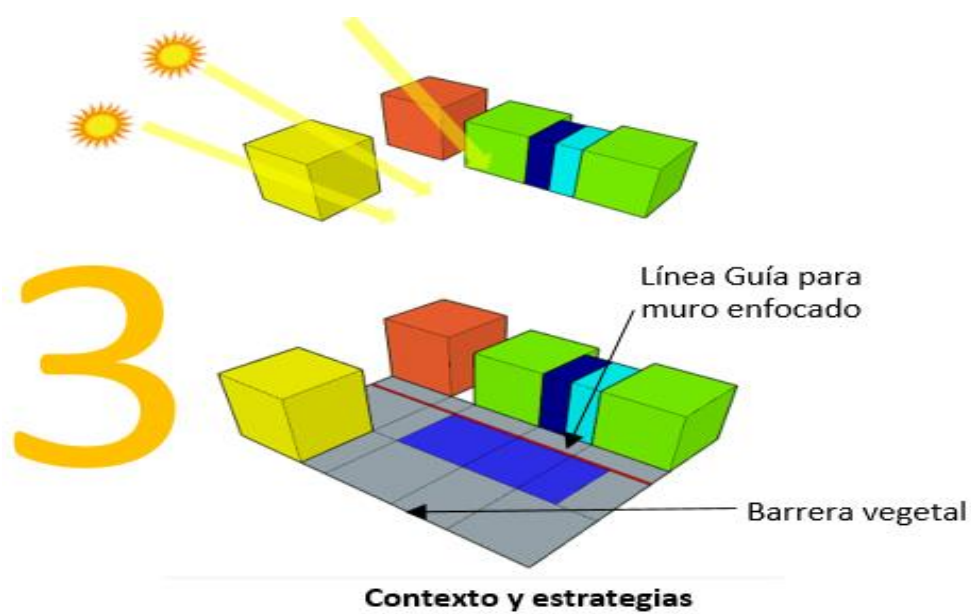


Figura 53 Paso tres, orientación de los espacios por asoleación Fuente: Autor

Estrategias de orientación de volúmenes

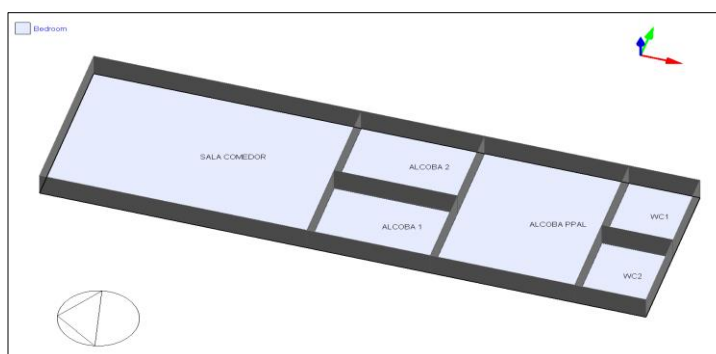
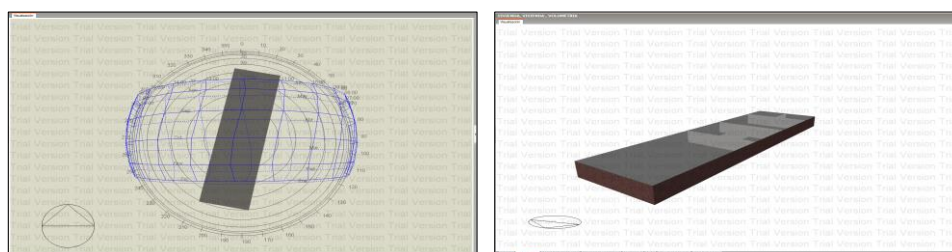
Disponer las habitaciones de tal forma que en el día reciban la luz natural y la radiación y se genere una acumulación por parte de la cubierta y en la noche cuando baje la temperatura a 17°C se dé la transferencia de calor a las habitaciones

Disponer los muros de direccionamiento del viento para que entre por la dilatación que existe entre el módulo social y el módulo de las habitaciones se dé la circulación del viento.

Así mismo se propone la clasificación de los usos para poder generar desde el planteamiento del diseño una redistribución que nos ayude en la zonificación acústica y así reducir la posibilidad de tener espacios con requerimientos de aislamiento acústico. Teniendo en cuenta las condiciones climáticas, la implementación de las estrategias pasivas y que nos ayuden a reutilizar, reciclar y rentabilizar las mitigaciones contra el cambio climático, estaremos entregando un proyecto de calidad y amigable con el medio ambiente.

Estrategias de orientación solar

Según las estrategias obtenidas por el análisis ambiental, procedemos por seguir las recomendaciones en vanos, protección, aleros, implantación y lo más importante en la disposición de los elementos arquitectónicos según las condiciones de vegetación y cuerpos verdes.



Plantilla de Actividad

Plantilla Bedroom

Sector C2 Residential Institutions - Residential schools

Tipo de zona 1-Acondicionada

Multiplicador de zona 1

☒ Incluir zona en cálculos térmicos

☒ Incluir zona en cálculos de luz diurna con Radiance

Ocupación

Densidad (personas/m²) 0,0963

Programación Dwell_DomBath_Equip

Condiciones Metabólicas >>

Generación de Contaminante Genérico >>

ACS >>

Control Ambiental

Consignas de Temperatura para Calefacción

Calefacción (°C) 20,0

Consigna secundaria (°C) 10,0

Consignas de Temperatura para Refrigeración

Refrigeración (°C) 25,0

Consigna secundaria (°C) 28,0

Consignas de Humedad Relativa >>

Consignas de Temperatura para Ventilación >>

Aire Exterior Mínimo >>

Iluminación >>

Computadoras >>

☐ Activar

Equipos de oficina >>

☐ Activar

Misceláneos >>

☐ Activar

Cocina >>

Procesos >>

Figura 54 Programación de actividad modelo base zonificado Fuente: Software Design Builder - Autor

Cerramientos

Plantilla de Cerramientos	MUROS LADRILLO
Plantilla	
Cerramientos	
Muros exteriores	muros proyecto
Muros enterrados	Brick/block wall (insulated to 1995 regs)
Cubiertas planas	Cubierta proyecto
Cubiertas inclinadas (con ocupación)	Cubierta proyecto
Cubiertas inclinadas (sin ocupación)	Cubierta proyecto
Particiones	Lightweight 2 x 25mm gypsum plasterboard with 100mm cavity
Semi-Expuestos	
Muros semi-expuestos	muros proyecto
Techos semi-expuestos	Roofspace floor insulation 50mm
Suelos semi-expuestos	External floor - Energy code standard - Medium weight (data modified)
Suelos	
Suelos sobre terreno	Ground floor slab - Energy code standard - Medium weight (data mod
Suelos exteriores	External floor - Energy code standard - Medium weight (data modified
Suelos interiores	100mm concrete slab
Sub-superficies	
Masa Térmica Interna	
Adyacencia	
Geometría, Áreas y Volúmenes	
Convección Superficial	
Puentes Térmicos Lineales	
Estanqueidad al aire	
<input checked="" type="checkbox"/> Modelar infiltración	
Tasa (renov/h)	0,300
Programación	On 24/7
Coefficientes de Delta T y Velocidad del Viento	
Coste	

Figura 55 Programación de materiales de muros y envolventes Fuente: Software Design Builder
- Autor

Aberturas

Plantilla de Acristalamiento	
Plantilla	Project glazing template
Ventanas Exteriores	
Tipo de acristalamiento	Project external glazing
Distribución de acristalamiento	No glazing
Dimensiones	
Tipo	0-None
Retranqueo	
Marco y Divisores	
Sombreado	
Ventanas con cámara ventilada	
Apertura para ventilación	
Ventanas Interiores	
Ventanas en cubierta / Lucernarios	
Puertas	
Rejillas	

Figura 56 Programación de aberturas de volumen Fuente: Software Design Builder - Autor

Programación

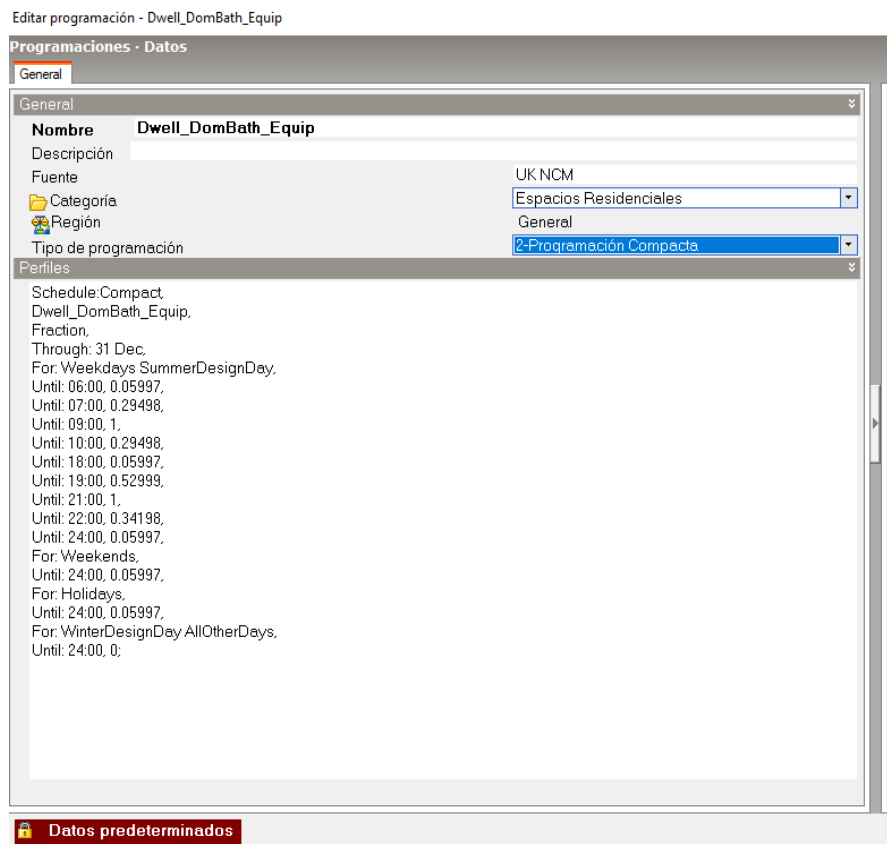


Figura 57 Programación de uso de espacios Fuente: Software Design Builder - Autor

Mediante este estudio de mejor posición y orientación, se zonifica según el programa arquitectónico y se dispone en forma de esto para tener la misma caracterización en las simulaciones y las tipologías de comparación.

Estudio de tipologías y comportamiento

Al observar el comportamiento de las viviendas que se presentan en la región del meta como tipologías de vivienda campestre, incluyendo los modelos no tradicionales (diseñados sin tener en cuenta más que un valor estético), podemos tener los resultados de comportamiento

frente a las condiciones climáticas en pro de las horas de confort que puede manifestar cada uno de los modelos en los diferentes espacios.

CASA CAMPESTRE								
MODELO		ALTURA	ALCOBA 1	ALCOBA 2	PPAL	SALACOM	WC1	WC2
Modelo 3	CUBIERTA DOS AGUAS	2,3	25,60	25,88	25,86	25,82	26,85	26,64
		3,3	25,64	25,96	25,94	25,87	26,98	26,73
		4	25,72	26,06	26,04	25,95	26,81	26,81
Modelo 2	CUBIERTA UN AGUA	2,3	27,94	28,13	28,11	27,98	28,41	28,25
		3,3	27,69	27,92	27,90	27,75	28,26	28,08
		4	27,60	27,85	27,67	18,60	28,02	28,02
Modelo1	CUBIERTA PLANA	2,3	28,01	28,23	28,19	28,07	28,49	28,30
		3,3	27,71	27,98	27,93	27,79	28,31	28,09
		4	27,62	27,90	27,70	27,70	28,03	28,03
RANGO TEM		22 A 28 °C						
MODELO IDEAL								
					DOS AGUAS			
MEJOR OPCION POR % CONFORT				91%	MODELO A 2,3 MT			
MODELO MAS BAJO EN % DE CONFORT					ESPACIO			
MODELO		ALTURA	ALCOBA 1	ALCOBA 2	PPAL	SALACOM	WC1	WC2
		2,30	25,60	25,88	25,86	25,82	26,85	26,64
HORAS DE CONFORT		7.971						

Figura 58 Resumen de simulaciones de modelos de variación de viviendas por horas de confort
Fuente: Autor

Dentro de la Figura No.58 anterior podemos observar los siguientes factores:

Caracterización de los tipos de vivienda como modelos, según su tipo de cubierta y su altura.

Medición de temperatura espacios según la variación de modelos

Se establece el rango de temperatura operativa

Se establece cual es el mejor modelo frente a la temperatura operativa y se evalúa por las horas de confort.

Conclusión de tipologías de vivienda por caracterización

Como resultado del cuadro comparativo de vivienda podemos observar como el modelo con mejor desempeño es que está comprendido por una cubierta a dos aguas y una altura de entepiso de 2,30, proporcionando así una temperatura operativa entre los 25 y los 26°C, esto se representa dentro de las 7,981 horas de confort, es decir que tan solo 779 horas el inmueble está en Disconfort. Estos resultados nos presentan también el modelo que tenemos dentro de nuestra línea de estudio (modelo 1 – cubierta plana a 2.30), donde la temperatura operativa se mantiene sobre los 28°C y una relación de horas de confort de 5.592(64%) una diferencia de 2.389 horas, es decir casi 100 días de disconfort.

CASA CAMPESTRE							
MODELO	ALTURA	ALCOBA 1	ALCOBA 2	PPAL	SALACOM	WC1	WC2
Modelo 1	CUBUERTA PLANA	2,3	28,01	28,23	28,19	28,07	28,49
		3,3	27,71	27,98	27,93	27,79	28,31
		4	27,62	27,90	27,70	27,70	28,03

PLANA								
MODELO A 2,3 MT			MODELO A 3,3 MT			MODELO A 4 MT		
ESPACIO	%CONFORT	HORAS	ESPACIO	%CONFORT	HORAS	ESPACIO	%CONFORT	HORAS
ALCOBA 1	61,8%	5414	ALCOBA 1	64,7%	5670	ALCOBA 1	65,5%	5740
ALCOBA 2	59,9%	5249	ALCOBA 2	62,3%	5461	ALCOBA 2	62,9%	5512
PPAL	60,4%	5295	PPAL	63,0%	5520	PPAL	63,1%	5525
SALACOM	60,6%	5312	SALACOM	62,5%	5475	SALACOM	63,1%	5525
WC1	61,1%	5355	WC1	63,1%	5533	WC1	65,4%	5730
WC2	62,7%	5490	WC2	64,8%	5680	WC2	65,4%	5730
PROMEDIO	61%	5.319	PROMEDIO	63%	5.550	PROMEDIO	64%	5.592

Figura 59 Resumen de modelo de línea base en valoración de porcentaje de confort y temperatura Fuente: Autor

Modelo de vivienda tipología en uso

EL modelo implementado será el denominado CAJCA el cual está en proceso de construcción en el municipio de Acacias Meta, la vivienda cuenta con 174,98m² y no posee en la actualidad especificaciones de construcción sostenible.



Figura 60 Renders del proyecto Bariwá Fuente: Autor

CAJCA CON JARDIN

174.98 M2 Área Construida

167.26 M2 Área privada

348.68 M2 Área útil (Incluye terraza y zona de piscina)

Esta casa cuenta con:

Salón social

Comedor

Cocina abierta tipo americano con isla de trabajo

Zona independiente de ropas

Habitación de servicio con baño privado

2 habitaciones auxiliares con baño privado, closet y vista al exterior

Alcoba principal con baño privado, walk in closet y vista al exterior

Terraza con estar social al aire libre con zona de BBQ (vista 360° a zonas exteriores)

Piscina + jacuzzi

Ocupación de la vivienda.



Figura 61 Distribución por uso de la vivienda Fuente: Autor

Se realiza una programación acorde a la vivienda como si tuviera un uso permanente, es decir no como una segunda vivienda , es por esta razón que tenemos variaciones en horarios de media mañana y media tarde , entre semana , a continuación de dicha programación se establece las variaciones del CLO o de la ropa que usan los residentes de la vivienda y para esto se usa la cualificación del (ANSI/ASHRAE, Standard 55 Thermal environmental conditions for human occupancy, 2010) Tabla No. A1-B1-B2.



Figura 62 Ocupación horaria de la vivienda Fuente: Autor

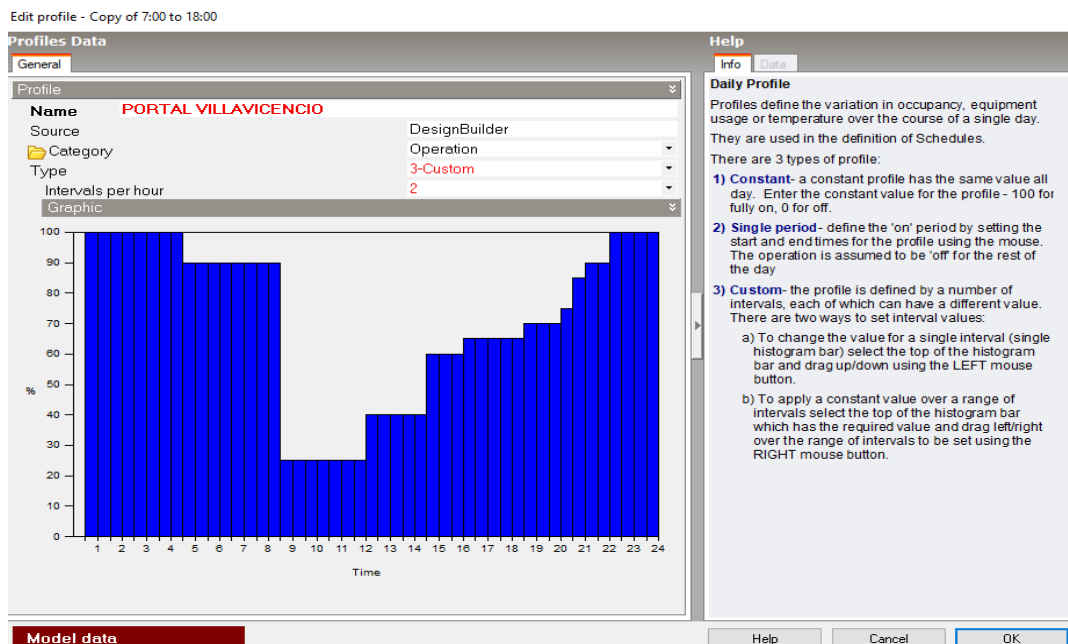


Figura 63

Programación de uso de la vivienda y sus espacios Fuente: Design Builder Autor

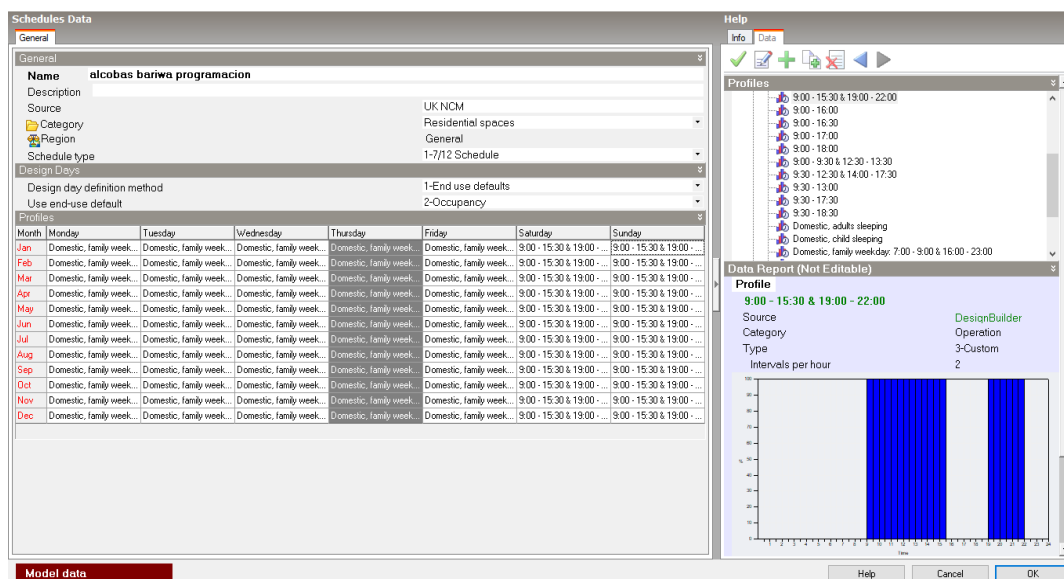


Figura 64 Programación Horaria en el software Design Builder Fuente: Autor

Cuando se realiza la programación de la ocupación, se tiene en cuenta las instancias en donde se tendrá mayor cantidad de personas flotantes (visitantes) es por esta razón que se programa los fines de semana una ocupación mayor en la zona social y la programación de las zonas de habitaciones se programa con un rango diferente de ocupación entre semana.

Disposición frente la asoleación

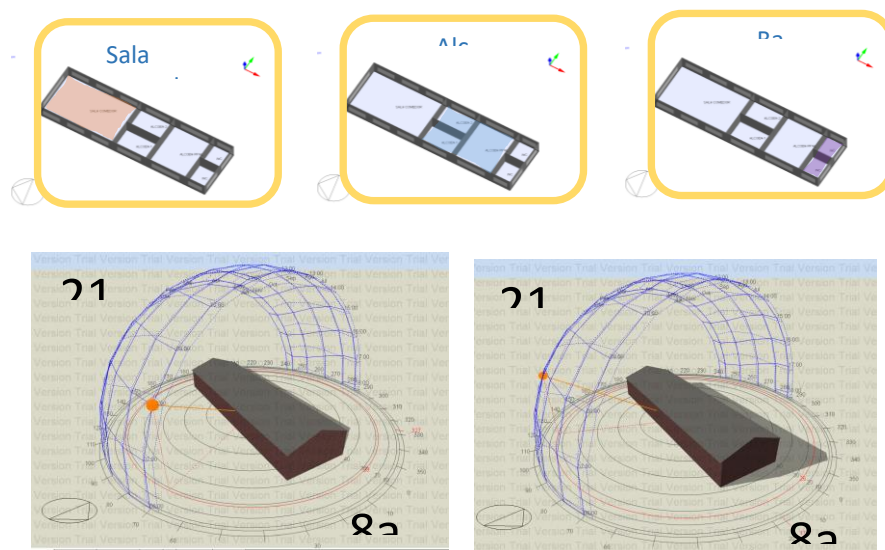


Figura 65 Diagrama de asoleación en solsticio de verano y de invierno, clasificación de zonas dentro del proyecto Fuente: Design Builder Autor

En las gráficas presentadas podemos ver como se realiza la zonificación y como la radiación solar incide en el comportamiento de cada uno de los espacios , esto resulta ser determinante frente a la estrategia de orientación y el uso , así mismo podemos ver como se presenta la variación de la inclinación del sol en solsticio de verano y en el solsticio de invierno, apoyados en el análisis de mejor orientación por implantación procedemos a revisar el comportamiento espacial y a realizar la valoración de la redistribución por zona y uso.

Materialidad Cerramientos a proponer.

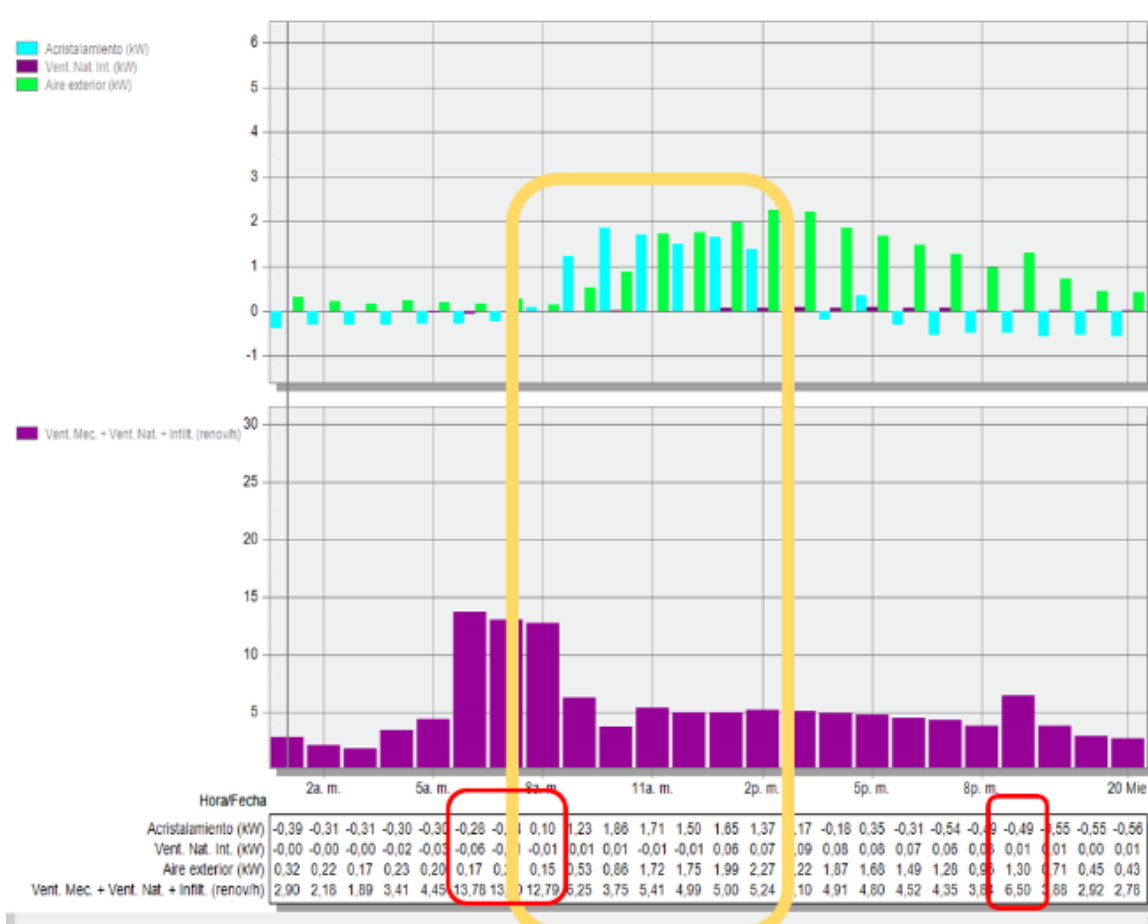


Figura 67 Grafica de ganancias térmicas con estrategia aplicada Fuente: Software Design Builder Autor

En la simulación con las estrategias propuestas podemos ver como se da una variación en la ganancia por acristalamiento, pasamos de un rango de 2,70 KW en el diseño actual a un rango de 1,34 KW, esta diferencia obedece al cambio de una zona de ventana por rejilla, reduciendo la ganancia por acristalamiento y mejorando la condición de refrigeración y temperatura interior.

Así mismo vemos como las renovaciones de aire interior se producen en un tope máximo en a las 2 pm con un indicador de 2,27KW frente a 1,75KW presentado en el diseño sin estrategias.

Acabados línea base

ESPECIFICACIONES CASA CAJCA



Figura 68 Render de materiales utilizados en los acabados de la vivienda Fuente: Autor

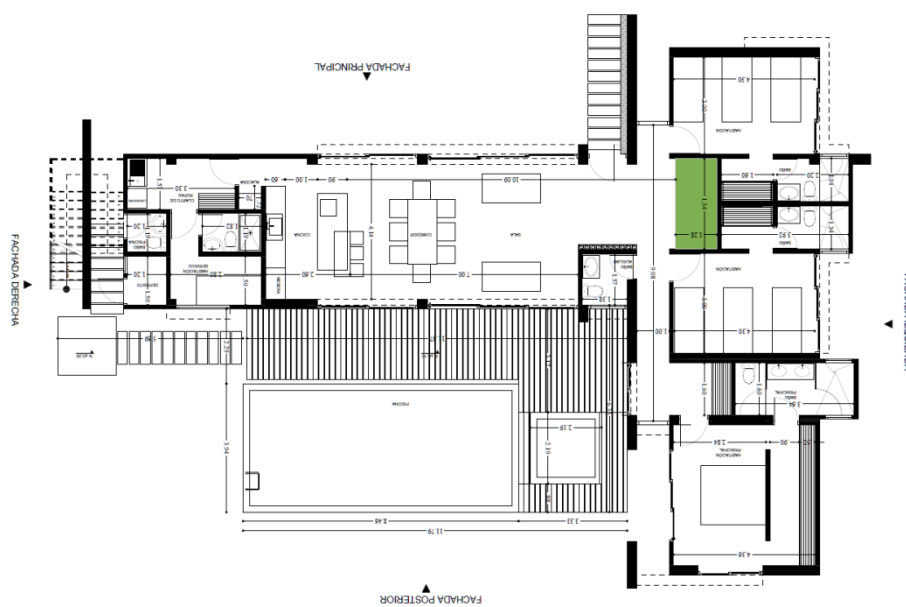


Figura 69 Distribución Arquitectónica de modelo base Fuente: Autor

Vidrios: Dentro del diseño de línea base la casa cuenta con grandes ventanales (60-80% acristalamiento) en la zona social que están proyectados con pérgolas, estos vidrios son de composición de vidrio templado de 6+6, es decir no poseen cámara de aire ni especificación de película Uv.

Composición Ventanas: Las ventanas están previstas en aluminio con una rejilla de ventilación de control manual en la parte superior, actuando como un montante y permitiendo el mejor funcionamiento de la ventilación cruzada.

Muros volúmenes: se componen por una capa de pañete impermeabilizado + bloque N5+ pañete interior con estuco y pintura

Cubierta: la cubierta se encuentra diseñada con una placa de 12 cm y una sobre capa de poli urea como impermeabilizante, en la zona de las habitaciones se encuentra una capa de grava para filtro, para reducir la carga térmica.

Zona exterior: la zona exterior se encuentra rodeada por grama natural, en donde se dispone un filtro francés perimetral a la casa, para recoger las aguas lluvias y las filtraciones en el terreno por sus condiciones poco permeables, encontramos una piscina con un deck en concreto sobre una placa afirmada.

Muros Enfocadores Adiabáticos: Estructura en mampostería y concreto, con recubrimiento de pañete impermeabilizado y superficie estampada.

Figura 70 Resumen de materiales con valor U de transferencia térmica Fuente: Autor

CÁLCULO DE PERDIDAS DE ENERGÍA POR LAS SUPERFICIES EXISTENTES					
PERDIDAS SUPERFICIALES DE ENERGÍA M2					
PROYECTO BARIWÁ					
PRIMER PISO	188	TEMPERATURA			
SEGUNDO PISO	188	TEMPERATURA PROMEDIO EXTERIOR			
CUBIERTA	188	TEMPERATURA INTERIOR			
ÁREA CONSTRUIDA	247,51 M2	DIFERENCIA DE TEMPERATURA			
MATERIALES	M2	U	PERDIDA W/M. °C	%ÁREA	%PERDIDA
MUROS	263,76	0,6	165	32,3	4,3
VIDRIO	117,87	6,0	710	14,4	16,3
PISOS	267,51	10,0	2666	32,7	69,3
CUBIERTA	188	1,9	313	20,6	6,1
TOTAL ÁREAS	817,14	TOTAL PERDIDA DE ENERGÍA	3873,8	100	100

CÁLCULO PERDIDA MATERIALES					
MUROS EN BLOQUE Nº 5					
R1=	espesor	0,12	0,400	U=	0,3
		0,3			0,833
PAÑETE INTERIOR Y EXTERIOR					
R2=	espesor	0,06	0,273	U=	0,22
		0,22			0,833
RT=		0,04	0,400		
		0,273	0,833	U T=	0,6
		0,12			
VIDRIO LAMINADO 6 MM					
R1=	espesor	0,006	0,006	U=	1
		1			0,166
RT=		0,04			
		0,006			
		0,000	0,166	U T=	6,0
		0,000			
		0,12			
PISO EN CONCRETO					
R1=	espesor	0,2	0,125	U=	1,6
		1,6			0,289
ENCHAPE PORCELÁNICO					
R2=	espesor	0,005	0,004	U=	1,3
		1,3			0,289
RT=		0,04			
		0,125	0,289	U T=	10,0
		0,004			
		0,12			
CUBIERTA EN PLACA EN CONCRETO					
R1=	espesor	0,2	0,125	U=	1,6
		1,6			0,885
ASLANTE FIBROSO					
R2=	espesor	0,03	0,600	U=	0,05
		0,05			0,885
RT=		0,04			
		0,125	0,885	U T=	1,9
		0,600			
		0,12			

Teniendo en cuenta las condiciones de la vivienda de línea base expuesta y la evaluación de las morfologías de variación de tipo de cubierta y de altura se puede observar un patrón particular y es que la respuesta y variación del confort es directamente proporcional a la altura y la composición de cubierta, clasificando así la vivienda en estudio de Bariwá como en el segmento de los modelos con menor rango de Confort con 5.592 horas.

Como resultado podemos ver que el mejor modelo que se puede implementar en la zona es el de altura 2,3 Mt y a dos aguas (modelo optimo), lo cual se evidencia en el recorrido que se hace por la zona rural del municipio. En la clasificación de las tipologías podemos incluir la línea base casa campestre CAJCA, estaría dentro del segmento de viviendas de bajo rango de horas de

confort, lo cual nos ayudara para establecer un comparativo frente al cumplimiento del decreto 0549 de 2015 como normativa nacional.

Dentro de la especificación de la tipología de la vivienda se tiene contemplada la estrategia de ventilación cruzada, la cual busca el bajo consumo del sistema de aire acondicionado, así mismo se realiza la verificación de que esta propuesta funciona correctamente frente a la tipología de vivienda con menor rango de confort, puesto que la temperatura promedio en la actualidad está sobre los 24°C en el día y los 17° en la noche.

DOS AGUAS								
MODELO A 2,3 MT			MODELO A 3,3 MT			MODELO A 4 MT		
ESPACIO	%CONFORT	HORAS	ESPACIO	%CONFORT	HORAS	ESPACIO	%CONFORT	HORAS
ALCOBA 1	91,1%	7978	ALCOBA 1	87,9%	7700	ALCOBA 1	86,5%	7582
ALCOBA 2	91,1%	7985	ALCOBA 2	86,6%	7584	ALCOBA 2	84,4%	7393
PPAL	90,7%	7951	PPAL	86,0%	7536	PPAL	84,1%	7370
SALACOM	87,2%	7643	SALACOM	82,3%	7213	SALACOM	80,4%	7046
WC1	81,9%	7177	WC1	78,4%	6868	WC1	77,9%	6828
WC2	82,9%	7263	WC2	79,5%	6963	WC2	77,9%	6828
PROMEDIO	91%	7.971	PROMEDIO	87%	7.607	PROMEDIO	85%	7.448
UN AGUA								
MODELO A 2,3 MT			MODELO A 3,3 MT			MODELO A 4 MT		
ESPACIO	%CONFORT	HORAS	ESPACIO	%CONFORT	HORAS	ESPACIO	%CONFORT	HORAS
ALCOBA 1	62,3%	5462	ALCOBA 1	64,6%	5659	ALCOBA 1	65,5%	5735
ALCOBA 2	60,7%	5318	ALCOBA 2	62,7%	5490	ALCOBA 2	63,1%	5527
PPAL	61,2%	5361	PPAL	63,1%	5526	PPAL	63,1%	5532
SALACOM	61,2%	5360	SALACOM	62,6%	5484	SALACOM	8,7%	763
WC1	61,9%	5426	WC1	63,2%	5541	WC1	65,3%	5720
WC2	63,0%	5522	WC2	64,7%	5670	WC2	65,3%	5720
PROMEDIO	61%	5.380	PROMEDIO	63%	5.558	PROMEDIO	64%	5.598
PLANA								
MODELO A 2,3 MT			MODELO A 3,3 MT			MODELO A 4 MT		
ESPACIO	%CONFORT	HORAS	ESPACIO	%CONFORT	HORAS	ESPACIO	%CONFORT	HORAS
ALCOBA 1	61,8%	5414	ALCOBA 1	64,7%	5670	ALCOBA 1	65,5%	5740
ALCOBA 2	59,9%	5249	ALCOBA 2	62,3%	5461	ALCOBA 2	62,9%	5512
PPAL	60,4%	5295	PPAL	63,0%	5520	PPAL	63,1%	5525
SALACOM	60,6%	5312	SALACOM	62,5%	5475	SALACOM	63,1%	5525
WC1	61,1%	5355	WC1	63,1%	5533	WC1	65,4%	5730
WC2	62,7%	5490	WC2	64,8%	5680	WC2	65,4%	5730
PROMEDIO	61%	5.319	PROMEDIO	63%	5.550	PROMEDIO	64%	5.592

Figura 71 Promedios de medición por espacios en modelo de vivienda de dos aguas Fuente:
Autor

Estudio componentes

Muros

Muros existentes línea base

Mediante el programa Design Builder se realiza simulación del modelo bajo 4 escenarios de materiales diferentes para poder identificar la variación frente al confort interno y esto como afecta la temperatura operativa de los espacios.

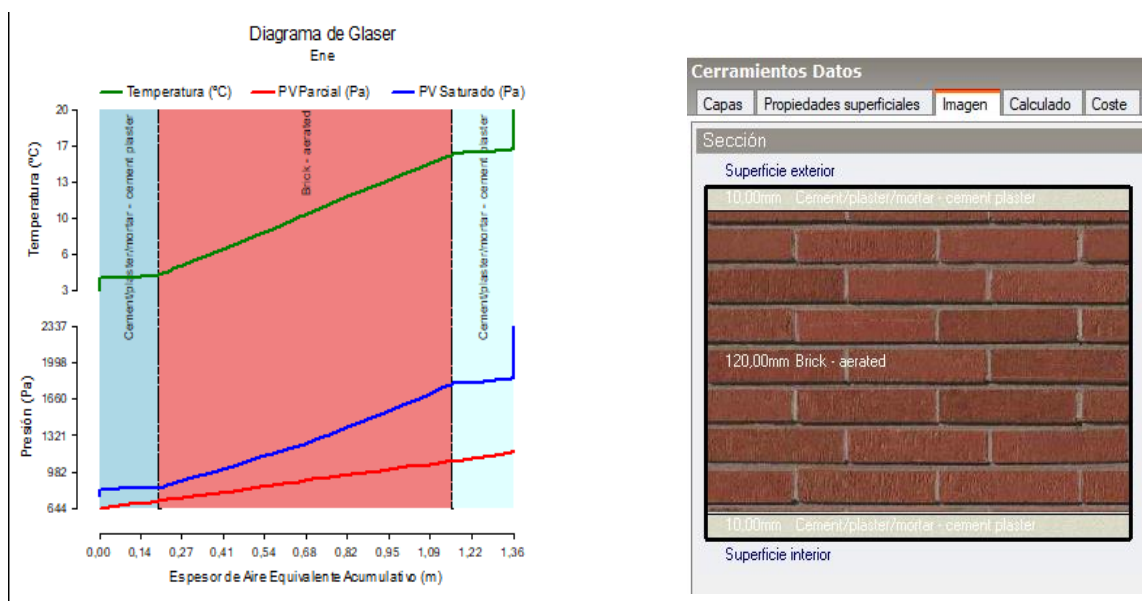
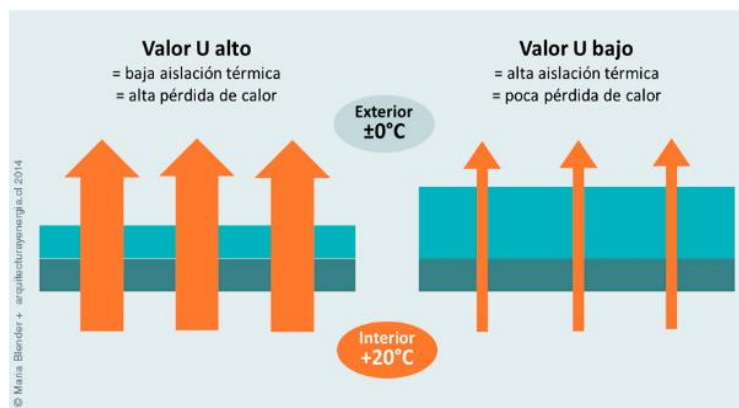


Figura 72 Diagrama de condensación modelo muro 1 Fuente: Software Design Builder Autor

Figura 73 Distribución de materiales del muro 1, capas de espesor Fuente: Software Design Builder Autor

En la gráfica de la izquierda podemos observar el punto de condensación presentado por la composición de los muros, presentándose a una temperatura sobre los 3°C por bajas temperaturas y por sobre exposición sobre los 17°C, en la gráfica de la derecha podemos ver la composición del muro tradicional, el cual es el más usado dentro de las construcciones de la región, debido a esta condición.

Cerramientos Datos	
Capas	Propiedades superficiales
Imagen	Calculado
Coste	Análisis de condensación
Superficie interior	
Coefficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K)	2,152
Coefficiente de transferencia de calor por radiación (W/m^2K)	5,540
Resistencia superficial (m^2K/W)	0,130
Superficie exterior	
Coefficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K)	19,870
Coefficiente de transferencia de calor por radiación (W/m^2K)	5,130
Resistencia superficial (m^2K/W)	0,040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie (W/m^2K)	2,338
Valor R (m^2K/W)	0,598
Valor U (W/m^2K)	1,673
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	0,1400
Km - Capacidad térmica interna (KJ/m^2K)	90,3840
Límite superior de resistencia (m^2K/W)	0,598
Límite inferior de resistencia (m^2K/W)	0,598
Valor U de superficie a superficie (W/m^2K)	2,338
Valor R (m^2K/W)	0,598
Valor U (W/m^2K)	1,673



Un muro con el valor $U = 1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pierde por hora, por cada metro cuadrado de superficie y por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior una cantidad de calor de 1 Watt. Por ejemplo, en el caso de este muro y con una temperatura exterior de $\pm 0^\circ\text{C}$, se necesita por cada m^2 de muro una fuente de calor de 20 W para mantener la temperatura del interior en 20°C .

Figura 74 Diagrama de cómo se interpreta el valor U en los muros y en los materiales Fuente: <http://www.arquitecturayenergia.cl>

Teniendo en cuenta las condiciones de la Tabla No. de resultados de los materiales utilizados dentro del modelo base, podemos ver como el valor U de 1,67 resulta tener una mala clasificación dentro del objetivo del confort térmico, pues esta configuración de muro no funciona correctamente a los indicadores que nos pide el decreto 0549 de 2015 en el numeral de ahorros energéticos, puesto que permite la rápida pérdida de energía contenida.

Muro propuesto - Muro tipo 2

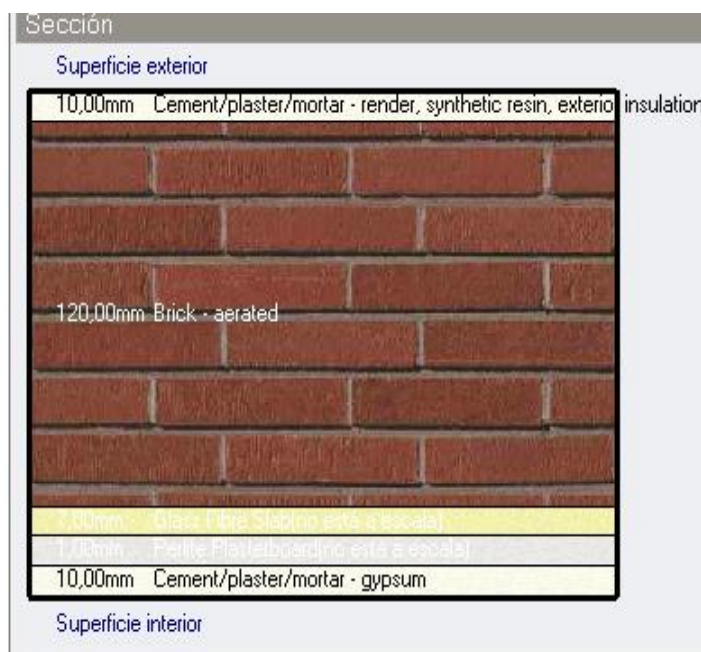
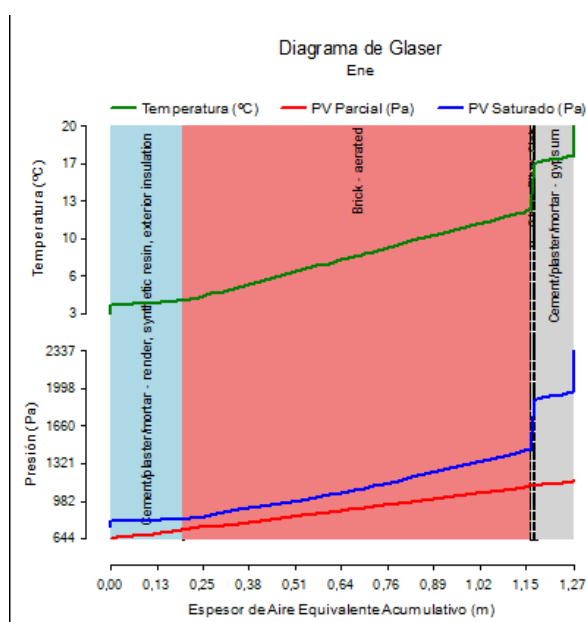


Figura 75 Diagrama de Condensación en las capas del muro Fuente: Software Design Builder Autor

Figura 76 Distribución de capas de materiales en el muro Autor: Software Design Builder Autor

En la gráfica de la izquierda podemos ver como la capa adicional que se ha integrado en la cara interior del muro, hace la ruptura de puente térmico y retarda la condensación interior, esta estrategia nos permite mantener el equilibrio térmico entre el espacio interior y el exterior, en la gráfica de la derecha podemos ver la composición del muro, en donde se incorporan dos materiales adicionales, fibra aislante y una placa de superboard.

Cerramientos Datos	
Capas	Propiedades superficiales
Imagen	Calculado
Coste	Análisis de condensación
Superficie interior	
Coefficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K)	2,152
Coefficiente de transferencia de calor por radiación (W/m^2K)	5,540
Resistencia superficial (m^2K/W)	0,130
Superficie exterior	
Coefficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K)	19,870
Coefficiente de transferencia de calor por radiación (W/m^2K)	5,130
Resistencia superficial (m^2K/W)	0,040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie (W/m^2K)	1,554
Valor R (m^2K/W)	0,814
Valor U (W/m^2K)	1,229
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	0,1480
Km - Capacidad térmica interna (KJ/m^2K)	79,8046
Límite superior de resistencia (m^2K/W)	0,814
Límite inferior de resistencia (m^2K/W)	0,814
Valor U de superficie a superficie (W/m^2K)	1,554
Valor R (m^2K/W)	0,814
Valor U (W/m^2K)	1,229

Figura 77 Tabla No. de condiciones de materiales de cerramientos- Valor U Fuente: Software Design Builder Autor

Dentro de la propuesta de las estrategias encontramos la de la composición de los muros perimetrales, la cual parte de un diseño principal con muros en mampostería y revoques en concreto(línea base) , al tener resultados de transmitancia térmica tan elevados y ver en el informe de consumos la energía necesaria para llegar al balance térmico , se propone la reestructuración de la composición de los muros (ver gráfica 55), en esta primera simulación de estrategias con una variable específica , lograr consolidar un puente térmico sin afectar la dimensión(ancho) de los muros, el resultado es notorio cuando vemos que pasamos de un valor U de 1,67 Km^2-k (Composición línea base) a un valor U de 1,22 Km^2-k , teniendo como resultado una reducción de 0,45 Km^2-k .

Esta determinante resulta ser fundamental dentro de la valoración del confort térmico, puesto que la composición de los cerramientos, permite el paso y la trasferencia directa con la superficie exterior y el viento, se puede interpretar que, en este caso, los muros son la piel que transmite y controla la temperatura interior.

Muro propuesto tipo 3

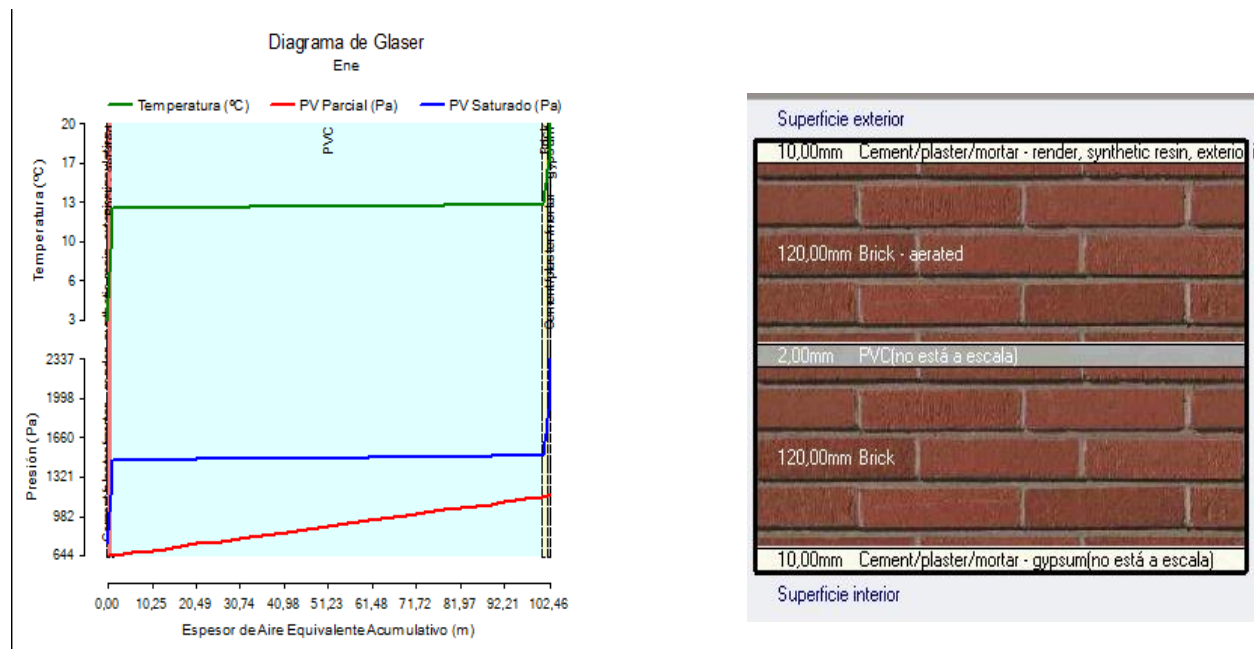


Figura 78 Diagrama de condensación modelo muro 3 Fuente: Software Design Builder Autor

Figura 79 Distribución de capas de materiales en el muro 3 Autor: Software Design Builder Autor

En la gráfica de la izquierda podemos ver como el factor de un elemento central como el PVC, genera una cámara difusora de la temperatura, generando dos comportamientos alternos, la transferencia resulta ser lenta y esto ayuda a que no exista condensación simultánea, sino retardada frente al paso del puente térmico. En la gráfica de la derecha podemos ver como se aumenta la masa al tener un muro doble, pero a su vez se impacta e costo de la estructura y espacio interior de la vivienda.

A continuación, veremos la relación del Valor U frente a la composición de los muros y veremos cómo actúa el PVC dentro del comportamiento de la temperatura operativa.

Superficie interior	
Coefficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K)	2,152
Coefficiente de transferencia de calor por radiación (W/m^2K)	5,540
Resistencia superficial (m^2K/W)	0,130
Superficie exterior	
Coefficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K)	19,870
Coefficiente de transferencia de calor por radiación (W/m^2K)	5,130
Resistencia superficial (m^2K/W)	0,040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie (W/m^2K)	1,620
Valor R (m^2K/W)	0,787
Valor U (W/m^2K)	1,270
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	0,2620
Km - Capacidad térmica interna (KJ/m^2K)	155,2320
Límite superior de resistencia (m^2K/W)	0,787
Límite inferior de resistencia (m^2K/W)	0,787
Valor U de superficie a superficie (W/m^2K)	1,620
Valor R (m^2K/W)	0,787
Valor U (W/m^2K)	1,270

Figura 80 Tabla No. de condiciones de materiales de cerramientos- Valor U Fuente: Software Design Builder Autor

Revisando las condiciones del muro podemos determinar que la composición de este determina los valores que estamos estudiando y nos afectan directamente el confort interior de la vivienda, el valor U resulta ser de 1,27 en un espesor de muro de 0,26cm, lo cual genera una gran masa aislante hablando de térmica e infiltraciones. Pero también gana características de reflejo de radiación llegando a un valor de 0,78.

En la Tabla No. 36 podemos ver cómo actúa la influencia de los muros sobre la condición de la temperatura operativa, llevando un rango promedio de 23 a 24 °C en horas del día y en promedio de 22°C en horas de la noche, esta estrategia nos permite evidenciar como la transmitancia térmica se puede retener mediante el puente térmico de un aislante denso y una masa doble en este caso (muros mampostería), sobre el medio día podemos ver como la temperatura llega hasta 24,41°C y aumenta hasta las 4 de la tarde donde comienza la variación del azimut del sol y consigo la reducción de la temperatura.

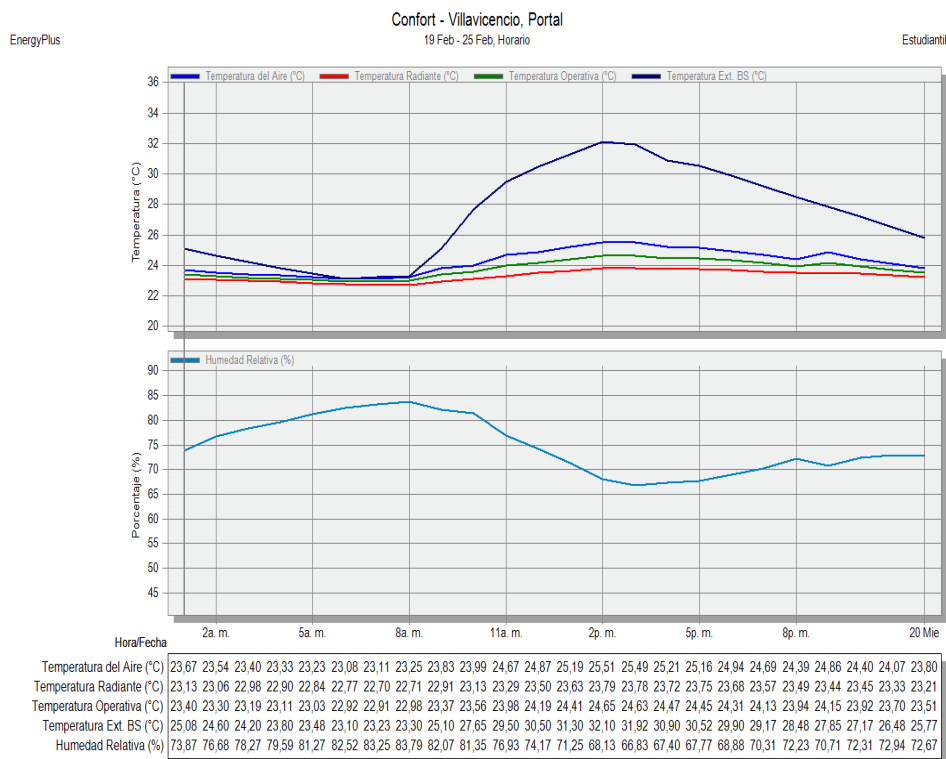


Figura 81 Valoración de temperatura por confort en modelo de muros tipo 3 Fuente: Software Design Builder Autor

Muro propuesto tipo 4

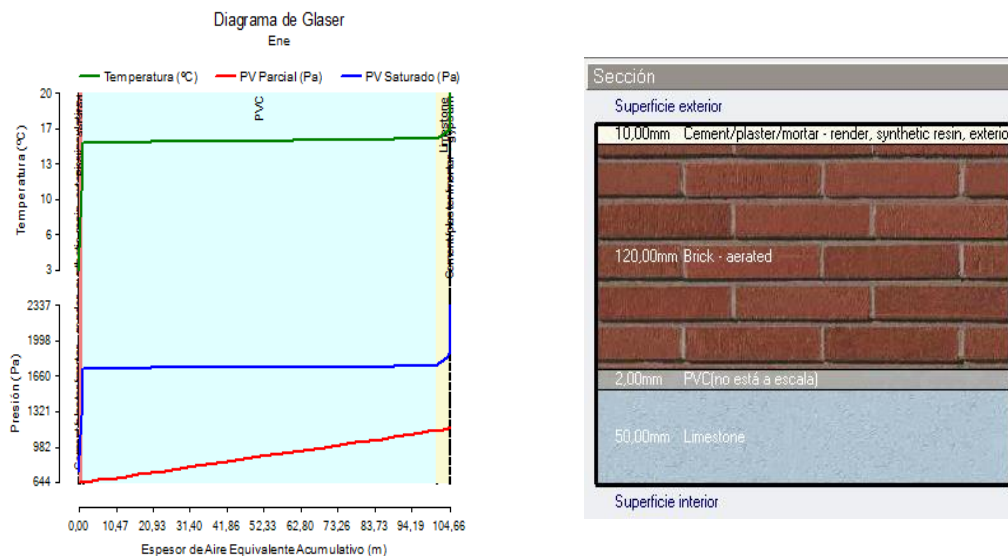


Figura 82 Diagrama de condensación modelo muro 3 Fuente: Software Design Builder Autor

Figura 83 Distribución de capas de materiales en el muro 3 Autor: Software Design Builder Autor

Cerramientos - Datos	
Capas	Propiedades superficiales
Imagen	Valores calculados
Coste	Análisis de condensación
Superficie interior	
Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K)	2,152
Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m^2K)	5,540
Resistencia superficial (m^2K/W)	0,130
Superficie exterior	
Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K)	19,870
Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m^2K)	5,130
Resistencia superficial (m^2K/W)	0,040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie (W/m^2K)	2,173
Valor R (m^2K/W)	0,630
Valor U (W/m^2K)	1,587
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	0,1820
Km - Capacidad térmica interna (KJ/m^2K)	121,5690
Límite superior de resistencia (m^2K/W)	0,630
Límite inferior de resistencia (m^2K/W)	0,630
Valor U de superficie a superficie (W/m^2K)	2,173
Valor R (m^2K/W)	0,630
Valor U (W/m^2K)	1,587

Figura 84 Tabla No. de condiciones de materiales de cerramientos- Valor U Fuente: Software Design Builder Autor

Las condiciones de este muro son muy similares a las del propuesto en el modelo 3 puesto que se implementa una capa de PVC como aislante térmico, generando así una variación en el paso de la temperatura, generando el corte del paso y reduciendo la transmisión térmica que existe entre la convección de los materiales enfrentados a las condiciones de temperatura que existen en la zona.

Los valores a tener en cuenta nos marcan justamente la comparación entre modelos, esta configuración nos reporta un valor U de 1,58 y un valor R: de 0,63, lo que hace que este material nos entregue mejores condiciones de composición y control de humedad, pero a su vez sube el valor U, lo cual no ayuda en la valoración de la transmitancia térmica.

Muro	Espesor	valor U	valor U superficie - sin puente termico	Valor R
Tipo 1 Linea base	0,14	1,67	2,33	0,59
Tipo 2	0,14	1,22	1,55	0,81
Tipo 3	0,26	1,27	1,62	0,78
Tipo 4	0,18	1,58	2,17	0,63

Figura 85 Cuadro resumen de tipos de Muros

Revisando las determinantes de los muros en condiciones de función de valor U y de valor R , determinamos la evaluación de las composiciones de los muros , en donde podemos ver como el comportamiento se basa en la masa y en la transmitancia , los muros con mayor masa (muro tipo 3 y tipo 4) resultan tener un mejor comportamiento que la línea base pero no lo suficiente en cuanto a reflejo en superficies y conductividad térmica , a pesar del gran volumen de masa el comportamiento frente a las condiciones climáticas no es el más adecuado, es por esta razón que el más indicado para uso en términos de eficiencia es el tipo 2 en donde el valor U es más próximo a 1 y el valor R es más alto que los otros modelos.

Conclusión de muros

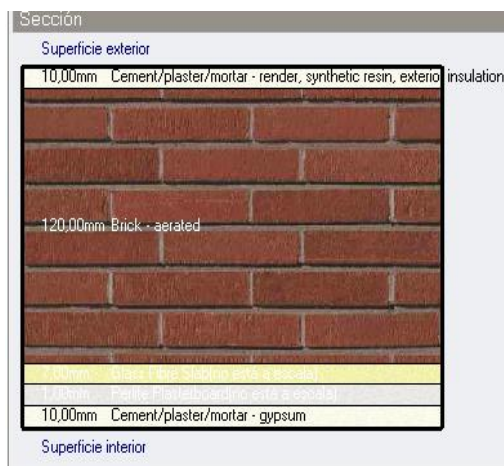


Figura 86 Distribución de capas de materiales en el muro con el mejor desempeño Autor: Software Design Builder Autor

Bajo el modelo de vivienda y las condiciones climáticas la mejor opción de muro teniendo en cuenta materialidad y valores U y R propuesto, es el compuesto por una capa exterior de pañete, ladrillo perforado como núcleo central, en la parte interior contamos con una fibra aislante y una placa compuesta recubierta por un mortero plástico que nos permite que no exista presencia de humedad en la superficie interior del muro, demostrando así la eficacia del puente térmico. Este modelo mantiene el espesor del muro y al adicionar capas extra nos permite generar un mejor puente térmico y un mejor comportamiento frente a la condensación dentro de los materiales, a continuación, veremos el desempeño de los muros en el confort de la vivienda.

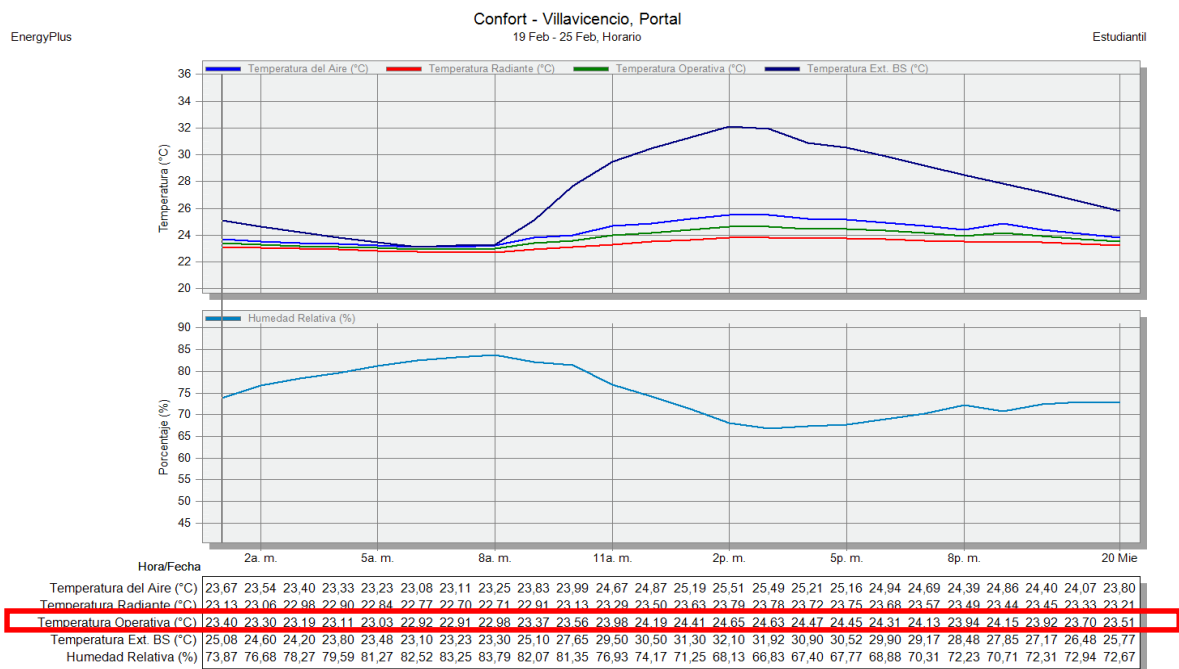


Figura 87 Valoración de temperatura por confort en modelo con mejor desempeño de muros tipo 2 Fuente: Software Design Builder Autor

MATERIALIDAD CUBIERTA

Cubierta línea base

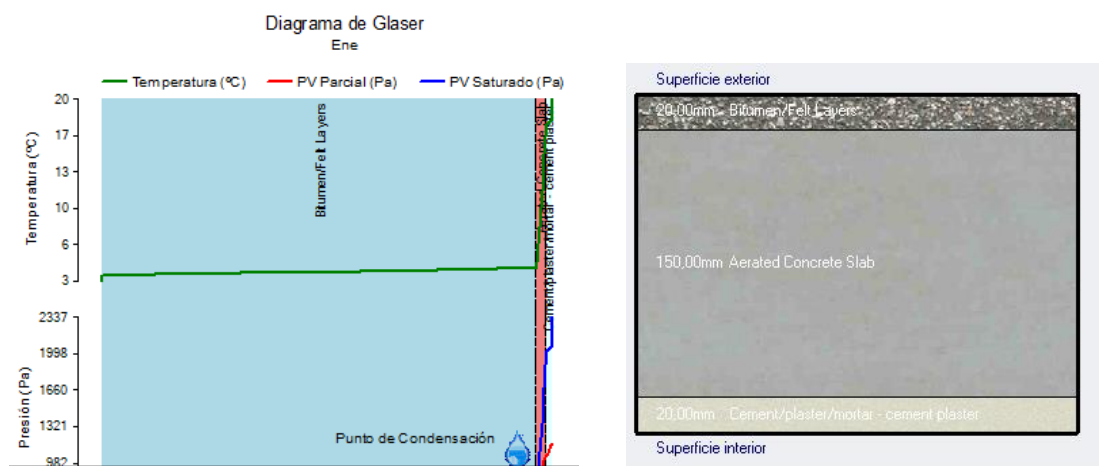


Figura 88 Diagrama de condensación modelo cubierta línea base Fuente: Software Design Builder Autor

Figura 89 Distribución de capas de materiales en el Cubierta Autor: Software Design Builder Autor

En la gráfica de la derecha podemos ver como se produce condensación por los materiales expuestos en cubierta, a pesar de que se tiene una gran masa térmica, los materiales dispuestos al interior se ven afectados por la transferencia de la temperatura, generando así punto de rocío. En la gráfica de la izquierda, podemos ver la distribución de las capas de placa de cubierta, con acabados en la superficie interior.

Superficie interior		«
Coefficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2 \cdot K$)	4,460	
Coefficiente de transferencia de calor por radiación ($W/m^2 \cdot K$)	5,540	
Resistencia superficial ($m^2 \cdot K/W$)	0,100	
Superficie exterior		«
Coefficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2 \cdot K$)	19,870	
Coefficiente de transferencia de calor por radiación ($W/m^2 \cdot K$)	5,130	
Resistencia superficial ($m^2 \cdot K/W$)	0,040	
Sin Puentes Térmicos		«
Valor U de superficie a superficie ($W/m^2 \cdot K$)	0,995	
Valor R ($m^2 \cdot K/W$)	1,145	
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	0,873	
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)		«
Espesor (m)	0,1900	
Km - Capacidad térmica interna ($KJ/m^2 \cdot K$)	63,1680	
Límite superior de resistencia ($m^2 \cdot K/W$)	1,145	
Límite inferior de resistencia ($m^2 \cdot K/W$)	1,145	
Valor U de superficie a superficie ($W/m^2 \cdot K$)	0,995	
Valor R ($m^2 \cdot K/W$)	1,145	
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	0,873	

Figura 90 Tabla No. de condiciones de materiales de cubierta - Valor U Fuente: Software Design Builder Autor

Dentro de la propuesta de diseño en cubierta encontramos que se realiza el planteamiento de una placa estructural convencional con un recubrimiento de manto asfáltico y cielo raso bajo placa, estos componentes sumados nos dan el resultado de un R de : 1,341 $W/m^2 \cdot K$, lo cual dentro de los factores de medición se cataloga como básico F, lo cual no es muy bueno frente a la resistencia, el valor U, está en un rango por debajo de 1, lo cual es bueno debido a las condiciones que se buscan de confort interior frente a la temperatura promedio de 24°C.

Cubierta propuesta tipo 2

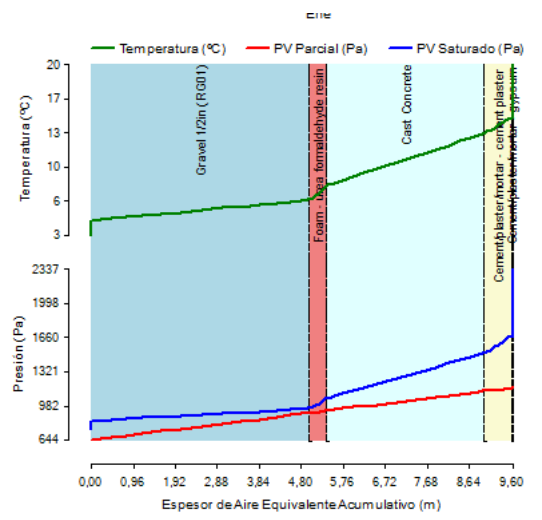


Figura 92 Diagrama de condensación modelo cubierta modelo 2 Fuente: Software Design Builder Autor

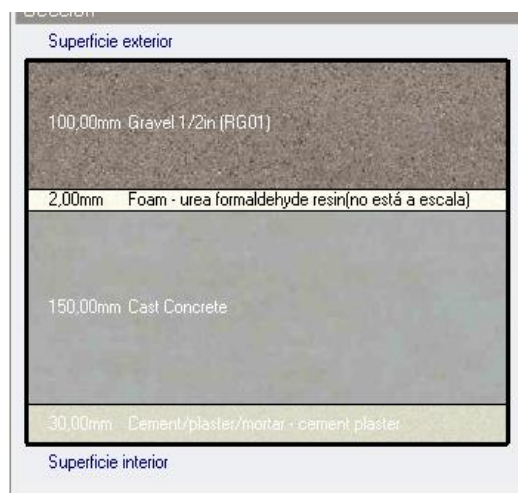


Figura 91 Distribución de capas de materiales en el Cubierta modelo 2 Autor: Software Design Builder Autor

En la gráfica de la izquierda podemos ver como la capa de poli urea genera un cambio de fase dentro de la composición, en la gráfica de la derecha podemos ver la composición de la cubierta, en donde se maneja una grava tipo filtro seguido de una impermeabilización con poli urea, adjunto a la placa en concreto en la cara interior de la vivienda, encontramos una capa de pañete.

Cerramientos Datos	
Capas	Propiedades superficiales
Superficie interior	
Coefficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2 \cdot K$)	4.460
Coefficiente de transferencia de calor por radiación ($W/m^2 \cdot K$)	5.540
Resistencia superficial ($m^2 \cdot K/W$)	0.100
Superficie exterior	
Coefficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2 \cdot K$)	19.870
Coefficiente de transferencia de calor por radiación ($W/m^2 \cdot K$)	5.130
Resistencia superficial ($m^2 \cdot K/W$)	0.040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie ($W/m^2 \cdot K$)	3.825
Valor R ($m^2 \cdot K/W$)	0.401
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	2.491
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	0.2820
Km - Capacidad térmica interna ($KJ/m^2 \cdot K$)	184.3520
Límite superior de resistencia ($m^2 \cdot K/W$)	0.401
Límite inferior de resistencia ($m^2 \cdot K/W$)	0.401
Valor U de superficie a superficie ($W/m^2 \cdot K$)	3.825
Valor R ($m^2 \cdot K/W$)	0.401
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	2.491

Figura 93 de condiciones de materiales de cubierta - Valor U Fuente: Software Design Builder Autor

En el factor R podemos ver como se tiene una reducción de $0.094(\text{m}^2\text{-K/W})$, el cual pasa a ser un factor clasificación baja tipo G, este factor nos indica la resistencia térmica de la nueva cubierta, lo cual dentro del rango no es favorable para el diseño.

El valor de U nos habla de la transmitancia térmica el cual está en un rango de $2,49 \text{ w/m}^2\text{-k}$, la cual confort reflejado de $24,50^\circ\text{C}$, así mismo se presenta durante la simulación en la semana extrema de verano una humedad relativa de $69,60\%$

Cubierta propuesta tipo 3

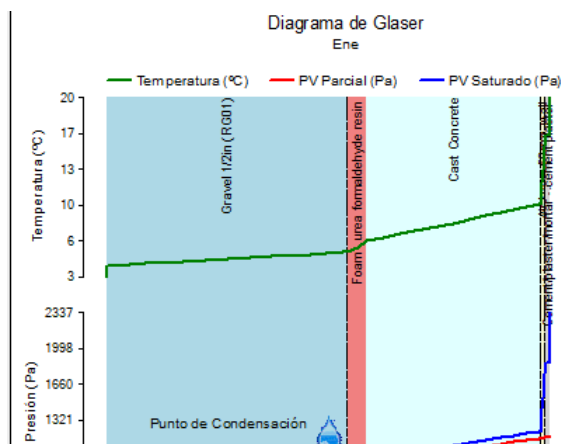


Figura 95 Diagrama de condensación modelo cubierta modelo 3 Fuente: Software Design Builder Autor



Figura 94 Distribución de capas de materiales en el Cubierta modelo 3 Autor: Software Design Builder Autor

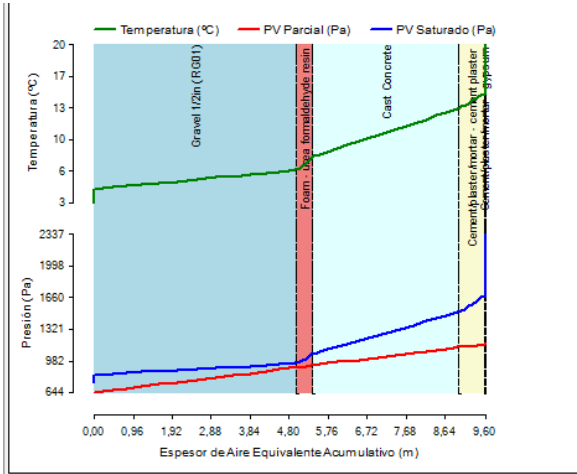
En la Ilustración 68 podemos ver como se presenta condensación por el cambio de fase generado por la poli urea, en la ilustración 69 observamos cómo se da la distribución de las capas y se incorpora una capa de aire.

Cerramientos - Datos	
Capas	Propiedades superficiales
Imagen	Valores calculados
Coste	Análisis de condensación
Superficie interior	
Coeficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2 \cdot K$)	4,460
Coeficiente de transferencia de calor por radiación ($W/m^2 \cdot K$)	5,540
Resistencia superficial ($m^2 \cdot K/W$)	0,100
Superficie exterior	
Coeficiente de transferencia de calor por convección ($W/m^2 \cdot K$)	19,870
Coeficiente de transferencia de calor por radiación ($W/m^2 \cdot K$)	5,130
Resistencia superficial ($m^2 \cdot K/W$)	0,040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie ($W/m^2 \cdot K$)	2,156
Valor R ($m^2 \cdot K/W$)	0,604
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	1,656
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	0,3550
Km - Capacidad térmica interna ($KJ/m^2 \cdot K$)	4,4352
Límite superior de resistencia ($m^2 \cdot K/W$)	0,604
Límite inferior de resistencia ($m^2 \cdot K/W$)	0,604
Valor U de superficie a superficie ($W/m^2 \cdot K$)	2,156
Valor R ($m^2 \cdot K/W$)	0,604
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	1,656

Figura 96 de condiciones de materiales de cubierta - Valor U Fuente: Software Design Builder Autor-

Cuando se realiza el cambio de materiales y se incluye una cámara de aire sobre el cielo raso se puede observar como la fase de cambio de la condensación se adelanta a las capas superficiales, generando así un choque térmico entre la temperatura interior del espacio y la temperatura exterior producto del clima, esto afecta directamente las condiciones de habitabilidad del espacio y el confort Térmico. Frente al valor U de la cubierta en este modelo podemos ver que se tiene 1,65 el cual es alto, pero un valor R de 0,60, el cual se atribuye al uso de la grava sobre la cubierta.

Cubierta propuesta tipo 4



I

Figura 98 Diagrama de condensación modelo cubierta modelo 4 Fuente: Software Design Builder Autor



Figura 97 Distribución de capas de materiales en el Cubierta modelo 4 Autor: Software Design Builder Autor

Cerramientos Datos	
Capas	Propiedades superficiales
Superficie interior	
Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m²·K)	
Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m²·K)	
Resistencia superficial (m²·K/W)	
Superficie exterior	
Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m²·K)	
Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m²·K)	
Resistencia superficial (m²·K/W)	
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie (W/m²·K)	
Valor R (m²·K/W)	
Valor U (W/m²·K)	
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Espesor (m)	
Km - Capacidad térmica interna (KJ/m²·K)	
Límite superior de resistencia (m²·K/W)	
Límite inferior de resistencia (m²·K/W)	
Valor U de superficie a superficie (W/m²·K)	
Valor R (m²·K/W)	
Valor U (W/m²·K)	

Figura 99 Tabla No. de condiciones de materiales de cubierta - Valor U Fuente: Software Design Builder Autor

Dentro de las estrategias que se aplican al proyecto , encontramos la composición de la cubierta , en donde se hace la propuesta del manejo de una impermeabilización con poli urea, para reducir el tema de filtraciones y transmitancia térmica , a su vez vemos como dentro de las capas de composición se presenta una variación en el espesor de la cubierta , pasando de una

cubierta de 35 cm de espesor a una cubierta de 28 cm , los cambios reales se pueden evidenciar en el factor del valor R y del valor U .



1. Factor R: en este factor podemos ver como se tiene una reducción de 0.094(m²-K/W), el cual pasa a ser un factor clasificación baja tipo G, este factor nos indica la resistencia térmica de la nueva cubierta, lo cual dentro del rango no es favorable para el diseño.

Figura 100 Factor R

Cubierta	Espesor	Confort reflejado °C	Humedad %	valor U w/m2-k	valor U superficie - s puente termico	Valor R
Tipo 1 Línea base	0,19	25	67,97	0,87	0,99	1,14
Tipo 2	0,28	24,5	69,6	2,49	3,82	0,4
Tipo 3	0,35	24,73	68,87	1,65	2,15	0,6
Tipo 4	0,28	23,7	69	2,49	3,82	0,4

Figura 101 Tipos de cubiertas y conclusiones

Dadas las condiciones que se presentan en la evaluación de las cubiertas , podemos ver como el factor determinante en las propiedades físicas resulta ser el valor de transmitancia térmica , llamado valor U , comparando la situación de temperatura al interior del espacio podemos decir que la propuesta de materialidad de la línea base es la que mejor responde a la transmitancia térmica , pero por otra parte , la temperatura se encuentra fuera de los rangos de confort, lo que nos indica que debemos tener una propuesta complementaria a la materialidad de

la cubierta . Desarrollar una cubierta en 19 cm con una estructura tradicional y una cámara de aire entre placa y cielo raso, una capa superior de grava que ayude a disipar la radiación, pero es necesario evaluar la condición de la temperatura y de los volúmenes de agua generados por las precipitaciones, es por esta razón que se aplicara una estrategia media entre la cubierta y la captación del agua lluvia.

Estrategia cubierta verde

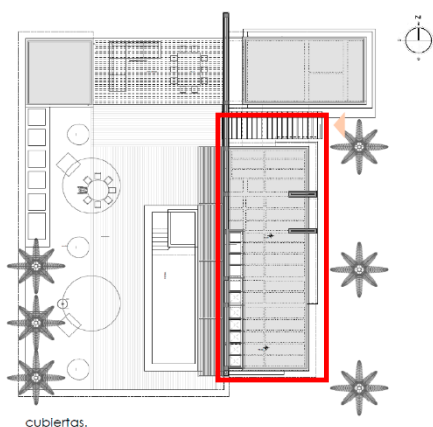


Figura 102 Planta zonificación en donde se instalará la cubierta verde

Teniendo en cuenta las condiciones de cubierta que se exponen en el estudio por modelos y materialidad, surge la necesidad de usar un sistema alternativo que nos ayude a bajar la temperatura interior y contribuya a mejorar las condiciones del confort, así mismo que no aumente la masa de la estructura de cubierta en volumen y costos y permita beneficios frente a la distribución uniforme de los volúmenes de agua producto de la pluviosidad.

Aplicación de estrategia de cubierta verde sobre zona de habitaciones , puesto que representa una de las cubiertas con mayor extensión en área, es de resaltar que este sistema será modelado en la línea de estudio propuesta , mientras la línea de estudio base seguirá usando las condiciones establecidas en la Tabla No. de conclusiones.

Propuesta

Cubiertas ecológicas extensivas en donde se busca no incrementar el peso de la cubierta, pero si tener los beneficios del sustrato y las plantas, frente al tema de radiación y protección, así mismo se busca que de una contribución a el fortalecimiento de la integración de la vivienda con el entorno, puesto que se encuentra en zona rural, en donde cohabita con diferentes especies endémicas como lo son la corocora, alcaraván y garzas entre otras.

Tipo de Cubierta Vegetal	Extensivo	Semi-Intensivo	Intensivo
Peso que aporta (kg/m ²)	50 a 170	150 a 250	Mayor que 245



Figura 104 Corte de la propuesta de vivienda en donde se instalará la cubierta verde Fuente: Autor

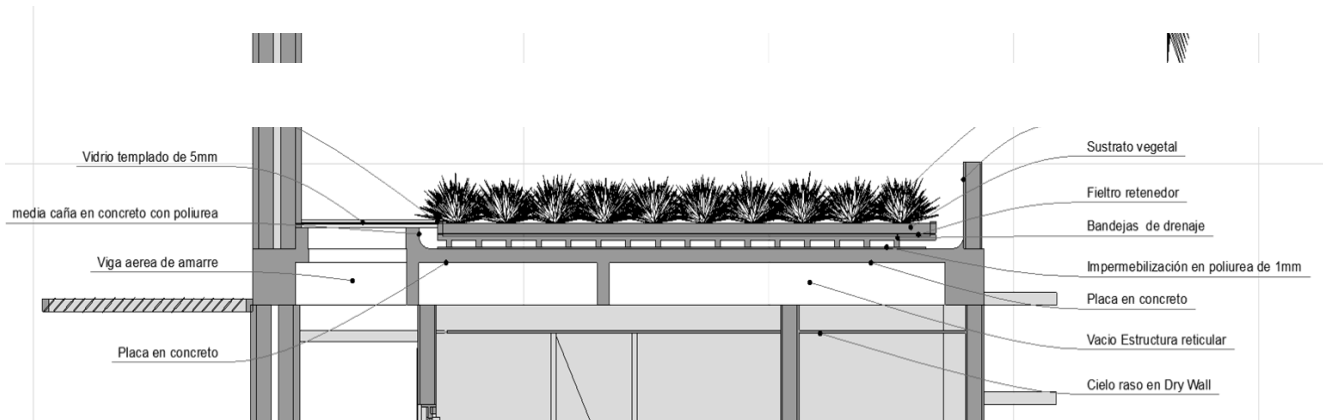


Figura 103 Corte de cubierta, sistema de implantación de cubierta verde Fuente: Autor



Figura 105 Renders de modelo con implantación de cubierta verde en zona de habitaciones. Fuente: Autor

Comportamiento de ganancias internas

Ganancia en línea base

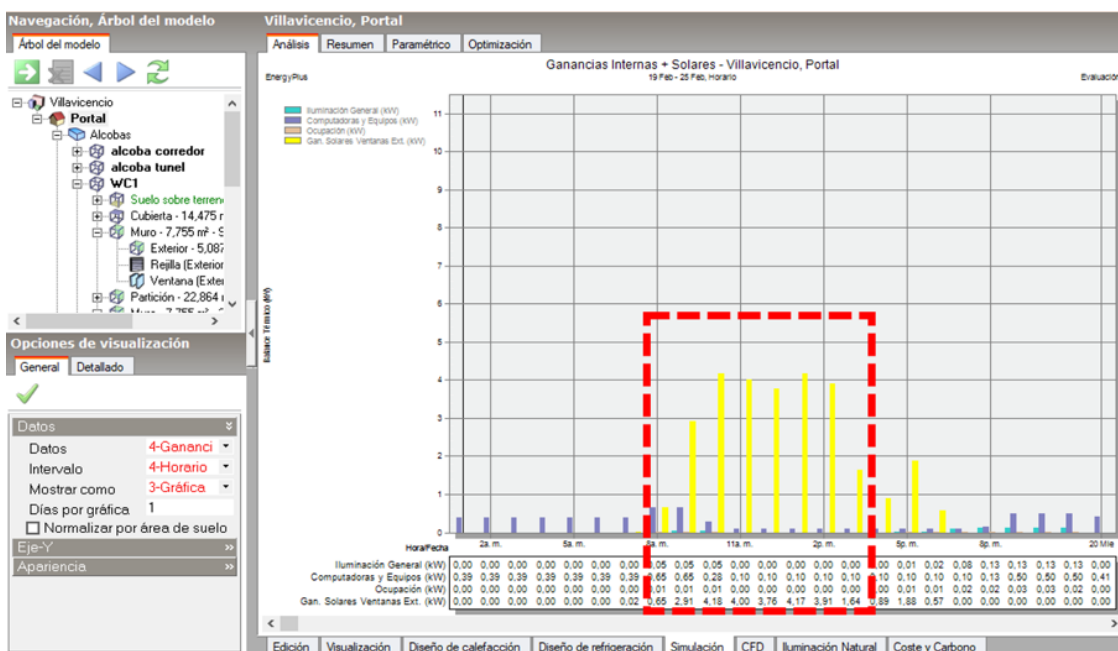


Figura 106 Ganancias internas en modelo de línea Base Fuente: Software Design Builder Autor

En la gráfica de ganancias podemos identificar el periodo en el que la temperatura y el brillo solar es mal alto y este incide en la materialidad del proyecto , es por esta razón que los elementos de menor inercia térmica como lo son las ventanas, rejillas y elementos de infiltración , contribuyen a las ganancias , en un periodo de 6 horas (8am a 2pm) se puede tener una ganancia promedio de 3.15 KW, lo cual se verá reflejado en el consumo energético para poder llegar a un balance térmico , es decir a pesar de las determinantes de dirección y de emplazamiento, la relación de ventana pared no ayuda para las condiciones de ganancias durante el periodo de uso activo del inmueble , por lo cual se debe revisar la estrategia proporcional que

responda a la iluminación y la ventilación para así poder tener un balance de sin que afecte el confort interior.

Tips:

Evacuación de la relación ventana pared

Uso de rejillas para control por ventilación natural

Uso de agentes vegetales que ayuden al control de la radiación

Uso de pérgolas elementos que proyecten sombreados.

Ganancias en línea propuesta

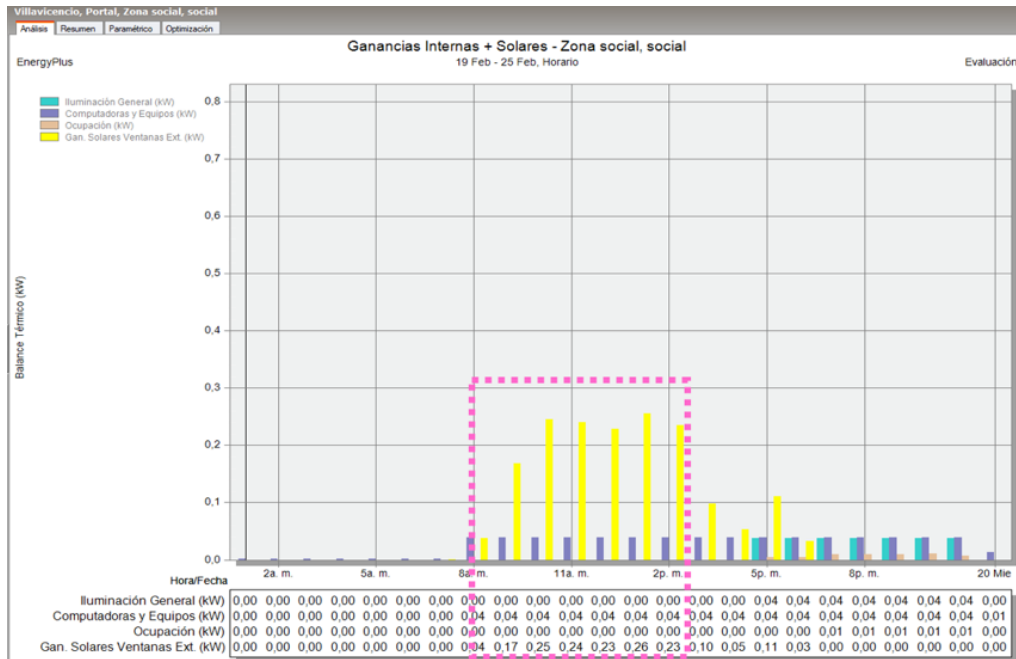


Figura 107 Ganancias internas en modelo propuesto con estrategias Fuente: Software Design Builder Autor

Se reviso directamente el valor de las ganancias por radiación solar en ventanas y encontramos que siguiendo los tips y aplicando variaciones en la separación de las rejillas en el periodo de las 8 am a las 2 pm tendremos una ganancia promedio de 0,20KW , frente a 3,15 generados en la propuesta inicial , es decir que tenemos un diferencia de 2,95kw, lo cual es significativo para la contribución de temperatura interior, ahora hay que realizar la evaluación de las condiciones de iluminación para definir si la estrategia aplicada si es funcional en pro de las variables, puesto que el índice de la iluminación general bajo de 0,13 a 0,04KW.

Es impórtate resaltar que a pesar de que se tuvo encuentra la distribución de la asoleación en el volumen arquitectónico ,la cubierta , muros, ventanas, rejillas y elementos que conforman la volumetría juegan cada uno un papel importante y determinante para llegar al objetivo principal que es la bajar de consumos por sistemas mecánicos, por no decir que eliminarlos del proyecto y remplazar por estrategias activas y pasivas que contribuyan a la reducción de huella de carbono y producción de CO2.

Propuesta de redistribución modelo arquitectónico.

Teniendo en cuenta las condiciones de implantación y las condiciones climáticas se revisa la redistribución de los espacios arquitectónicos y se realiza un planteamiento que dé respuesta a las necesidades del programa y responde a la normativa nacional e internacional en condiciones de confort.

Así mismo se implementan los muros y cubiertas simulados para la implementación de estrategias pasivas y poder tener un resultado de sumatoria de buenas prácticas.

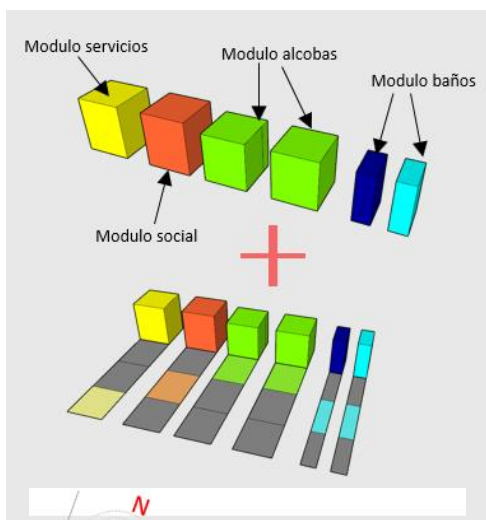


Figura 108 Zonificación de programa arquitectónico Fuente: Autor

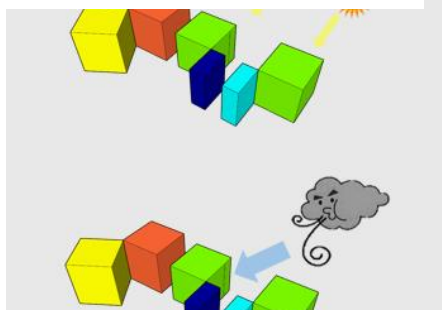


Figura 109 distribución de la volumetría por orientación solar y vientos de propuesta arquitectónica Fuente: Autor

Se implementa el sistema de cualificación de los espacios solicitados por el cliente, tal como lo abordamos en la línea base para tener la igualdad de condiciones en el comparativo.

Teniendo en cuenta la trayectoria solar y los vientos se dispone la volumetría como estrategia, ubicando los espacios de tal forma que se pueda aprovechar la ventilación cruzada y la radiación solar.

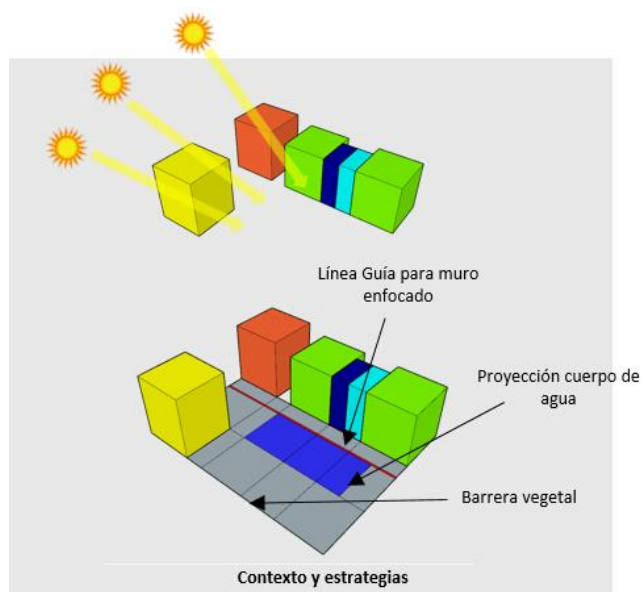


Figura 110 Distribución de muro adiabático en diseño propuesto Fuente: Autor

Revisando la orientación solar, se toma como estrategia tener un muro enfocador y de protección para que la zona de las habitaciones permanezca fresca y aislada de la zona de la piscina puesto que este factor detona el aumento de saturación de agua en el ambiente, llevando la humedad a su máximo.

Disponer las habitaciones de tal forma que en el día reciban la luz natural y la radiación y se genere una acumulación por parte de la cubierta y en la noche cuando baje la temperatura a 17°C se dé la transferencia de calor a las habitaciones. Disponer los muros de direccionamiento del viento para que entre por la dilatación que existe entre el módulo social y el módulo de las habitaciones se dé la circulación del viento.



Según las estrategias obtenidas por el análisis ambiental, procedemos por seguir las recomendaciones en vanos, protección, aleros, implantación y lo más importante en la disposición de los elementos arquitectónicos según las condiciones de vegetación y cuerpos verdes.

Figura 111 Proyección de pérgolas y protección solar

Planimetría Técnica redistribución.

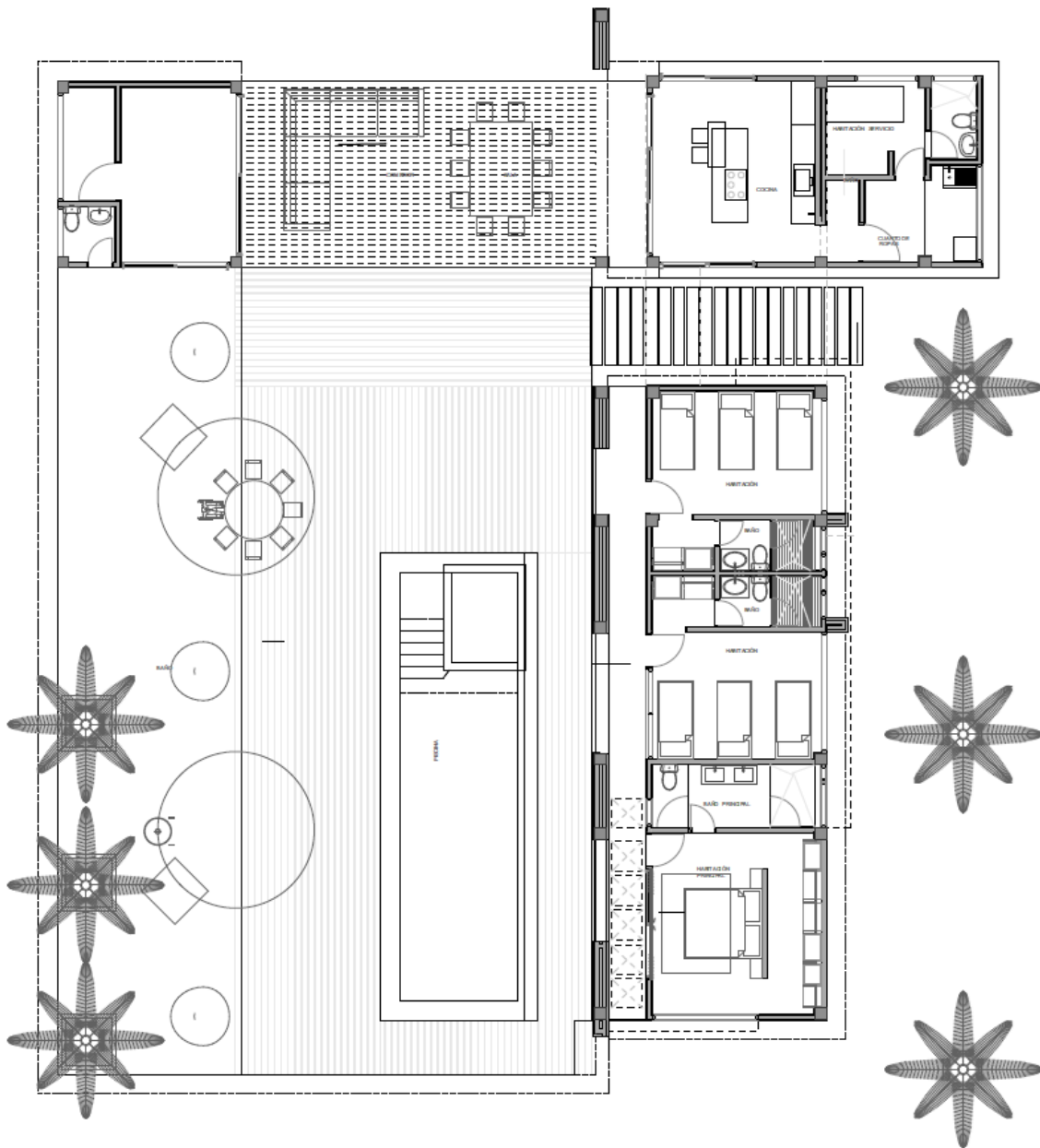


Figura 112 Planta primer piso modelo propuesto

Desarrollo de planimetría teniendo en cuenta las variables de distribución arquitectónica, planta de primer piso.

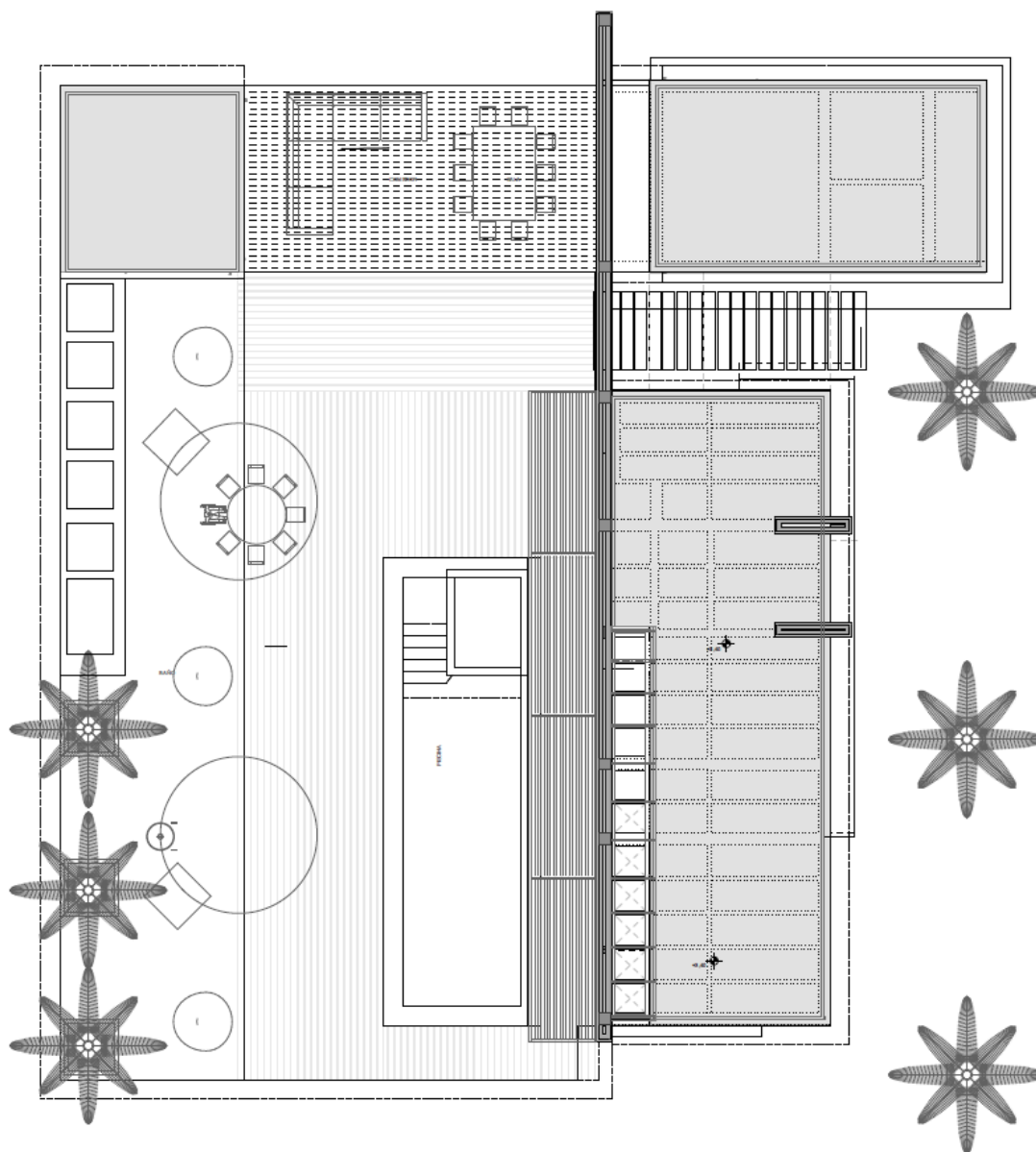
Aperturas por espacio (ventanas – rejillas).**Línea base.**

Figura 113 Planta de cubierta propuesta modelo Fuente: Autor

Se realiza la correspondiente programación en el software para simular con los elementos tal como están diseñados y presupuestados en el modelo de vivienda.



Figura 115 Fachada oriente Fuente: Autor

Plantilla de Acristalamiento	
Plantilla	Plantilla de acristalamiento del proyecto
Ventanas Exteriores	
Tipo de acristalamiento	Acristalamiento exterior del proyecto
Distribución de acristalamiento	Preferred height 1.5m, 30% glazed
Dimensiones	
Tipo	3-Acristalamiento no continuo (altura preferente)
Porcentaje de acristalamiento (%)	70,00
Altura de ventanas (m)	1,50
Espaciamento de ventanas (m)	5,00
Altura del alféizar (m)	0,80
Retranqueo	
Marco y Divisores	
Sombreado	
Ventanas con cámara ventilada	
Funcionamiento	
Apertura para ventilación	
Ventanas Interiores	
Tipo de acristalamiento	Acristalamiento interior del proyecto
Distribución de acristalamiento	Horizontal strip, 90% glazed
Dimensiones	
Marco y Divisores	
Funcionamiento	
Apertura para ventilación	
Posición de la parte abierta	3-Derecha
% de área abierta (respecto al área de la venta...)	50
Ventanas en cubierta inclinada / Lucernarios	
Puertas	

Figura 114 Materialidad del vidrio – porcentaje de acristalamiento

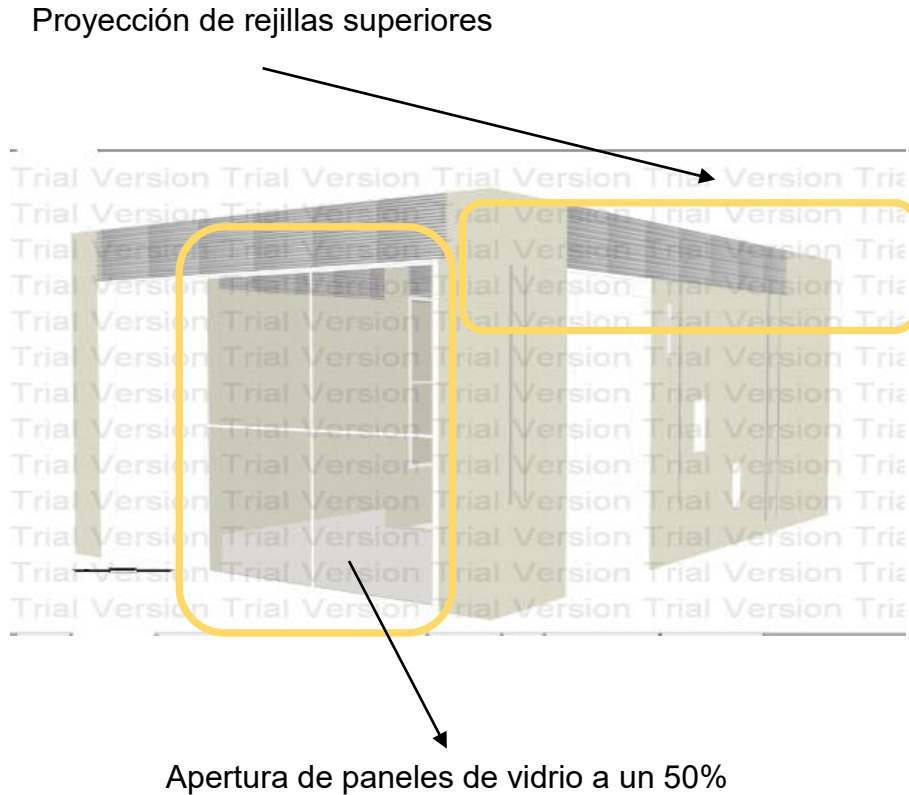


Figura 116 Diseño inicial de rejillas y ventilación.

En el diseño inicial podemos ver como se proyectan rejillas en la parte superior para poder manejar ventilación cruzada y grandes acristalamientos para mantener la permeabilidad del lugar en la zona social, para la simulación se programa una apertura del 50% del área de la ventana para ventilación, durante el periodo más caliente de 12m a 3pm y esto nos permite tener el control de la temperatura interior. Los elementos utilizados no tienen ningún tipo de componente de aislante ni cámara de aire para control de transferencia de temperatura.

Línea propuesta

Se realiza la programación en el software teniendo en cuenta las condiciones establecidas en la línea base y se programa con variaciones en aperturas, las cuales se estudiarán a continuación por componente (alcoba, sala, zona social) y se diseñarán según los requerimientos de cada espacio frente a ocupación y materialidad.

Villavicencio, Portal

Modelo Actividad Cerramientos Aberturas Iluminación HVAC Generación Opciones de Resultados CFD

Plantilla de Acristalamiento

Plantilla **PORTAL ESTRATEGIAS**

Ventanas Exteriores **Acristalamiento exterior del proyecto**

Distribución de acristalamiento **Curtain wall, 85% glazed**

Dimensiones

Tipo	1-Acristalamiento horizontal continuo
Porcentaje de acristalamiento (%)	85,00
Espaciamento de ventanas (m)	5,00
Altura del alféizar (m)	0,30
Retranqueo	
Profundidad de retranqueo exterior (m)	0,000
Profundidad de retranqueo interior (m)	0,000
Profundidad del alféizar interior (m)	0,000

Marco y Divisores

☒ ¿Tiene marco/divisores?

Cerramientos **Aluminium window frame (no break)**

Divisores

Tipo	1-Con parteluz
Ancho (m)	0,0200
Divisores horizontales	
Divisores verticales	
Proyección exterior (m)	0,000
Proyección interior (m)	0,000
Ratio conducción borde-centro de vidrio	1,000

Marco

Ancho (m)	0,0400
Proyección interior (m)	0,000
Proyección exterior (m)	0,000
Ratio conducción borde-centro de vidrio	1,000

Sombreado

☒ **Sombreado de ventana**

Posición

Tipo de control

Funcionamiento

Programación de funcionamiento

Sombreado local

Tipo

Ventanas con cámara ventilada

☐ **Control de cámara ventilada**

Funcionamiento

Programación de funcionamiento

Figura 117 Configuración acristalamiento proyecto

Aberturas | Iluminación | HVAC | Generación | Opciones de Resultados | CFD

Ventanas con cámara ventilada

☐ Control de cámara ventilada

Funcionamiento

Programación de funcionamiento: Dwell_DomLounge_Light

Apertura para ventilación

Posición de la parte abierta: 3-Derecha

% de área abierta (respecto al área de la ventana): 50.0

Ventanas Interiores

Tipo de acristalamiento: Acristalamiento interior del proyecto

Distribución de acristalamiento: Horizontal strip, 90% glazed

Dimensiones

Tipo: 5-Llenar superficie (100%)

Marco y Divisores

☒ ¿Tiene marco/divisores?

Cerramientos: Aluminium window frame (no break)

Divisores horizontales: 1

Divisores verticales: 3

Ancho (m): 0.0400

Ancho del divisor (m): 0.0200

Funcionamiento

Opción de control: 1-Control con programación

Programación de funcionamiento: Dwell_DomLounge_Light

Apertura para ventilación

Posición de la parte abierta: 3-Derecha

% de área abierta (respecto al área de la ventana): 50

Ventanas en cámara ventilada / Locustinus

Puertas

Exteriores

☐ Auto-generar

Funcionamiento

Interiores

☐ Auto-generar

Funcionamiento

Rejillas

Exteriores

Tipo de rejilla: Grille, small, light slats

☒ Auto-generar

Área de rejilla (m²): 0.0900

Espaciamiento de rejillas (m): 5.00

Altura de la rejilla desde el suelo (m): 0.20

Funcionamiento

Programación de funcionamiento: Dwell_DomLounge_Light

Interiores

Figura 118 Programación en el software en ventanas



Figura 119 Resultados de la programación

Optimización de aperturas en alcoba auxiliar.

ALCOBAS AUXILIARES															
FACTORES	SUP IZQ					MEDIA					INFERIOR				
	10	30	50	70	90	10	30	50	70	90	10	30	50	70	90
TEMPERATURA OPERATIVA	26,60	26,39	26,28	26,21	26,17	26,64	26,43	26,32	26,26	26,21	26,61	26,42	26,32	26,25	26,21
CONFORT % ANUAL	79%	81%	82%	82%	82%	78%	80%	81%	81%	82%	79%	80%	81%	81%	82%
FLD MINIMO	11%	12%	12%	11%	11%	17%	15%	16%	15%	16%	9%	9%	9%	9%	9%
UNIFORMIDAD	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
RENOVACION ABIERTA	0,09	1,23	2,55	2,81	3,64	0,81	1,73	2,47	2,98	3,87	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78
RENOVACION CERRADA	0,20	0,07	0,63	0,77	0,89	0,22	0,47	0,65	0,79	0,91	0,24	0,48	0,65	0,79	0,92
RELACIÓN VENTANA PARED	11,1	33,3	55,5	70,7	90,9	11,1	33,3	55,5	70,7	90,9	11,1	33,3	55,5	70,7	90,9

Figura 120 Optimización de aperturas en alcoba auxiliar

Dentro de la caracterización de las ventanas se hace el estudio de la mejor posición que puede tener en relación ventana pared para iluminación ventilación, es así que en la Tabla No. podemos ver los valores reflejados de temperatura del espacio y el porcentaje de confort anual

del mismo, estas dos premisas son tal vez las más importantes para la finalidad del estudio del confort térmico. En esta evaluación la mejor opción de ventana pared teniendo en cuenta estas dos condiciones sería la apertura al 90% en la parte superior con una temperatura de 26,17°C y un porcentaje de 82% de horas de confort, es de resaltar que esta valoración en temperatura resulta ser la más baja dentro de la línea de la posición de la ventana frente a muro.

A medición de los factores de iluminación natural y de renovación corresponden a la segunda variable a tener en cuenta dentro del diseño de la ventana y su mejor posición dentro del muro. Es determinante la condición que se busca para el espacio, en este caso alcoba auxiliar en donde debemos mantener los niveles acústicos que contribuirán para las horas de confort general del proyecto.

Optimización de aperturas en alcoba principal.

ALCOBA PRINCIPAL															
FACTORES	SUP IZQ					MEDIA					INFERIOR				
	10	30	50	70	90	10	30	50	70	90	10	30	50	70	90
TEMPERATURA OPERATIVA	26,82	26,59	26,50	26,44	26,41	26,92	26,68	26,59	26,53	26,49	26,94	26,71	26,61	26,55	26,50
CONFORT % ANUAL	77%	78%	79%	79%	80%	76%	77%	78%	78%	78%	76%	77%	78%	78%	78%
FLD MINIMO	11%	12%	12%	11%	11%	16%	17%	16%	16%	17%	10%	10%	11%	10%	9%
UNIFORMIDAD	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09	0,1	0,09	0,09	0,09	0,11	0,12	0,12	0,11	0,08
RENOVACION ABIERTA	0,57	1,19	1,64	2,08	2,47	0,55	0,55	1,59	2	0,13	0,51	1,05	1,47	1,83	2,15
RENOVACION CERRADA	0,43	0,90	1,25	1,57	1,87	0,42	0,42	1,21	1,51	0,10	0,39	0,80	1,11	1,38	1,63
RELACIÓN VENTANA PARED	11,1	33,3	55,5	70,7	90,9	11,1	33,3	55,5	70,7	90,9	11,1	33,3	55,5	70,7	90,9

Figura 121 Optimización de aperturas en alcoba principal

Se reviso las condiciones de temperatura y confort anual que son los ejes fundamentales de la investigación y determinamos que la mejor opción es la ventana superior izquierda con una apertura del 90% , estas determinantes lo que nos muestran es el reflejo de la condición climática frente a la humedad , puesto que los indicadores son muy altos y es así como surge la necesidad

de tener una ventana compuesta e implementar las rejillas propuestas en la línea base , como respuesta a el sistema de ventilación cruzada.

Así mismo podemos ver como los factores de incidencia de la iluminación natural, se reflejan en la disposición de la ventana en el espacio, una ventana en un nivel inferior al medio, no cataloga dentro de los rangos exigidos en certificaciones como leed versión home, por eso se descarta, así como los porcentajes de factor luz día son los más bajos dentro del comparativo.

Optimización ventanas baños.

En este espacio la condición de evaluación cambia, puesto que en los baños el factor fundamental es a renovación del aire, tal como lo presenta el ASHRAE, pero sin embargo se hace la valoración de cuál es la mejor posición de la ventana frente al factor de iluminación y de luz día, con el fin de dar cumplimiento a la norma nacional y a los estándares de RETIE.

BAÑOS															
FACTORES	SUP IZQ					MEDIA					INFERIOR				
	10	30	50	70	90	10	30	50	70	90	10	30	50	70	90
TEMPERATURA OPERATIVA	27,62	27,52	26,78	27,46	27,42	27,84	27,66	27,56	27,50	27,46	27,81	27,65	27,56	27,50	27,45
CONFORT % ANUAL	73%	74%	77%	74%	74%	71%	72%	73%	73%	74%	72%	73%	73%	74%	74%
FLD MINIMO	14%	15%	14%	14%	13%	14%	13%	13%	13%	13%	8%	8%	8%	8%	8%
UNIFORMIDAD	0,18	0,19	0,18	0,18	0,17	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11
RENOVACION ABIERTA	0,20	0,07	0,63	0,77	0,89	0,22	0,47	0,65	0,79	0,91	0,24	0,48	0,65	0,79	0,92
RENOVACION CERRADA	0,02	0,01	0,08	0,09	0,11	0,03	0,06	0,08	0,10	0,11	0,03	0,06	0,08	0,10	0,11

Figura 122 Optimización ventanas baños

Optimización ventanas zona social.

SALA															
FACTORES	SUP IZQ					MEDIA					INFERIOR				
	10	30	50	70	90	10	30	50	70	90	10	30	50	70	90
TEMPERATURA OPERATIVA	26,62	26,48	26,41	26,36	26,31	26,66	26,51	26,44	26,39	26,35	26,51	26,51	26,44	26,39	26,35
CONFORT % ANUAL	75%	76%	76%	77%	77%	74%	76%	76%	76%	77%	76%	76%	76%	76%	77%
FLD MINIMO	2%	2%	2%	2%	2%	7%	6%	6%	6%	6%	2%	2%	2%	2%	2%
UNIFORMIDAD	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
RENOVACION ABIERTA	0,07	0,24	0,34	0,42	0,48	0,07	0,12	0,16	0,20	0,23	0,12	0,25	0,16	0,20	0,23
RENOVACION CERRADA	0,01	0,04	0,05	0,06	0,08	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04

Figura 123 Optimización ventanas zona social

Este espacio presenta una caracterización particular dentro del modelo de línea propuesta, ya que una de las determinantes que pudimos ver dentro de las ganancias es la que se obtiene por medio de las ventanas y zonas de acristalamiento, las cuales representan un gran porcentaje en la zona social, es por esto que en modelo propuesto la dinámica espacial de la zona social cambia en pro de tener un modelo comparativo como lo estamos haciendo entre la línea base y la línea propuesta.

Conclusiones ventanas y rejillas

ESPACIO	POSICION	FLD %	APERTURA	CONFORT	TEMPERATURA
Alcoba auxiliar	superior izq	11	90	82	26,17
Alcoba principal	superior izq	11	90	80	26,41
Baños	superior izq	15	30	54	27,52
Baños	superior izq	15	30	54	27,52

Figura 124 Conclusiones ventanas y rejillas

Dentro de la Tabla No. resumen de conclusiones podemos ver como los valores de factor luz día se mantiene en un rango de 11 a 15 porciento, y la mejor opción de apertura es del 90%,

dadas estas condiciones, se debe modelar en la línea propuesta el sistema alterno de ventanearía, lo cual nos determinara el estado de las ganancias internas por acristalamiento en comparativo con la línea base.

Existe un paralelo bastante importante en este punto de la investigación y es el determinante del coeficiente de evaluación de confort dentro de un espacio. Esto se debe que responde a múltiples factores, entre los que se encuentra la temperatura, la ventilación y la acústica, entendida como el aislamiento y el control de reverberancia dentro de los espacios.

Comportamiento de ventilación

Análisis de vientos – CFD exterior

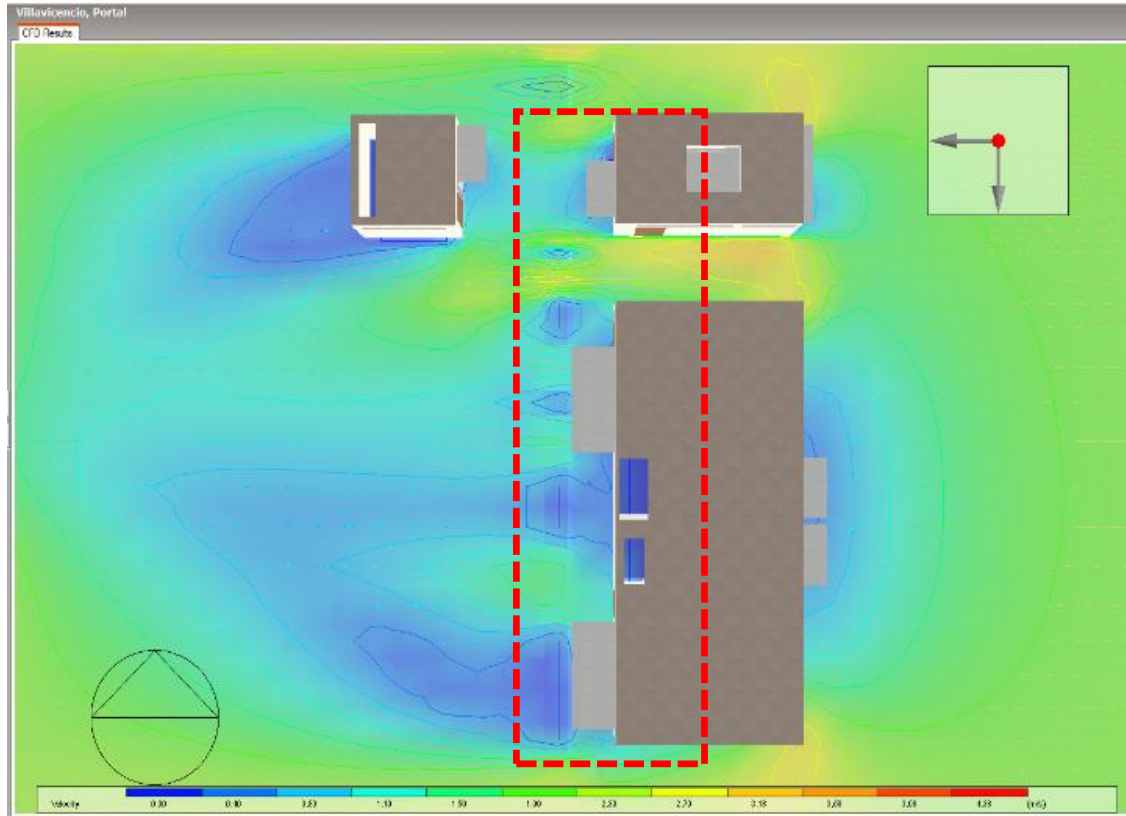


Figura 125 Análisis de vientos

En esta grafica de análisis de vientos, podemos observar como la dirección dominante de vientos marca la pauta del diseño y la disposición de los elementos arquitectónicos dispuestos en correcto orden, evidenciando la respuesta de las estrategias de los muros Enfocadores y adiabáticos, generando así un túnel de viento que alimentará las habitaciones y mantendrá el equilibrio térmico entre la zona social y los espacios más privados.

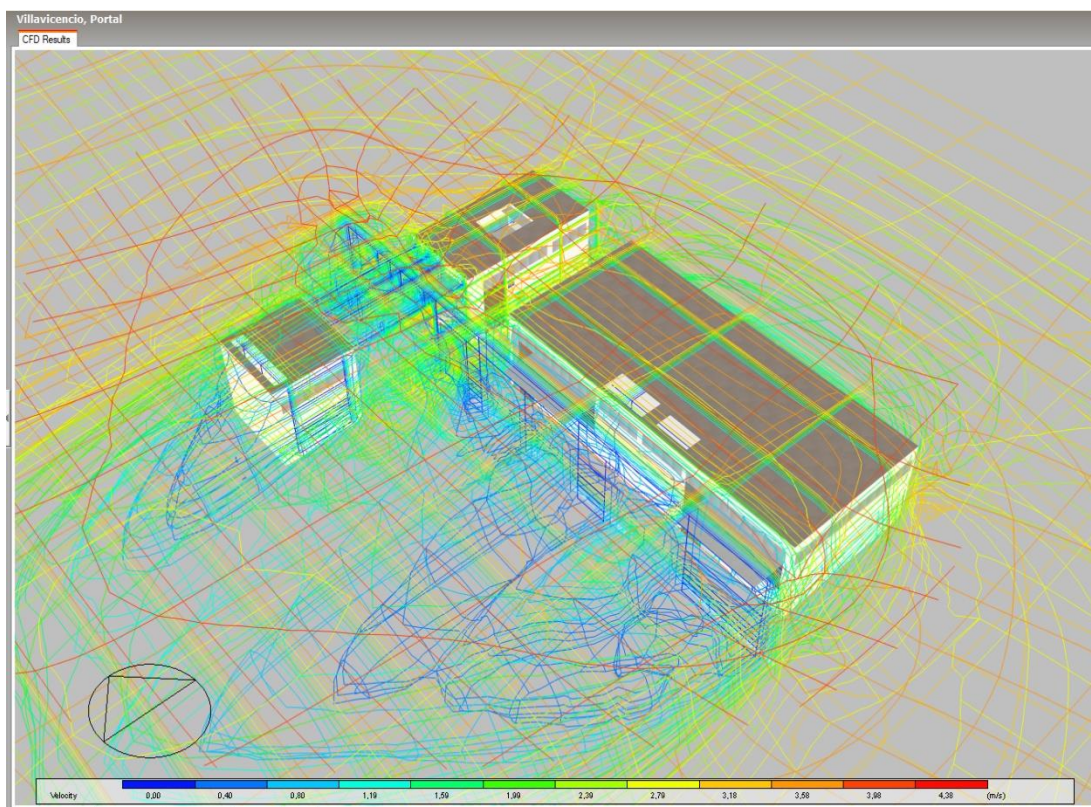


Figura 126 Dirección del viento predominante

Teniendo en cuenta la dirección del viento predominante –Norte este y sur este, vientos próximos de 8.18 a 1.53m/s en proximidad oeste – este y que bajan de la cadena montañosa del pie de monte llanero y permean el volumen arquitectónico.

En la verificación de las condiciones de vientos en contorno podemos ver como el muro enfocador actúa como una barrera de control frente a las zonas más privadas de la vivienda y pasando por el cuerpo de agua de la piscina se gana mayor volumen de humedad en el viento , lo cual afecta el confort interior de las alcobas , por esta razón la estrategia de una barrera material frente a estos espacios depura dicha carga de agua y elimina porcentaje de carga del sistema total(valoración de la humedad relativa en el proyecto).

Conclusiones de análisis de vientos exteriores - computacional fluid Dynamic (CFD)

La velocidad sube a 1,5 m/s al tener contacto con el muro enfocador, el cual nos ayuda a retener cambiar la dirección del viento para inyectar las habitaciones y cocina con aire fresco.

Al tener el volumen de las habitaciones más compacto nos genera una reducción de la velocidad envolvente, la velocidad disminuye al tener contacto con la cara exterior del muro enfocador filtrando por los vanos que conducen al corredor.

Se aumenta la velocidad a 1,59 y se genera turbulencia entre el muro enfocador el corredor de viento que hay entre la cocina y la alcoba principal.

Se genera mayor velocidad por la dilatación del volumen suelto, lo cual permite que el viento genere un envolvimiento de las superficies generando mayor fricción con los materiales y reducción de la temperatura operativa dentro de los espacios.

Mayor velocidad por medio de los dos volúmenes separados, lo cual nos ayuda a comprobar la operatividad del muro enfocador, llegando a 3,18m/s en la parte superior del muro enfocador

Ventilación espacios interiores

A continuación, podemos ver cómo es la operación de las rejillas con el uso de los muros Enfocadores y como el viento que esta entre estos dos volúmenes se filtra y permite tener una mejor condición de confort dentro de la habitación, sin afectar las condiciones acústicas de los espacios.

Ventilación batiente izquierda – temperatura y velocidad

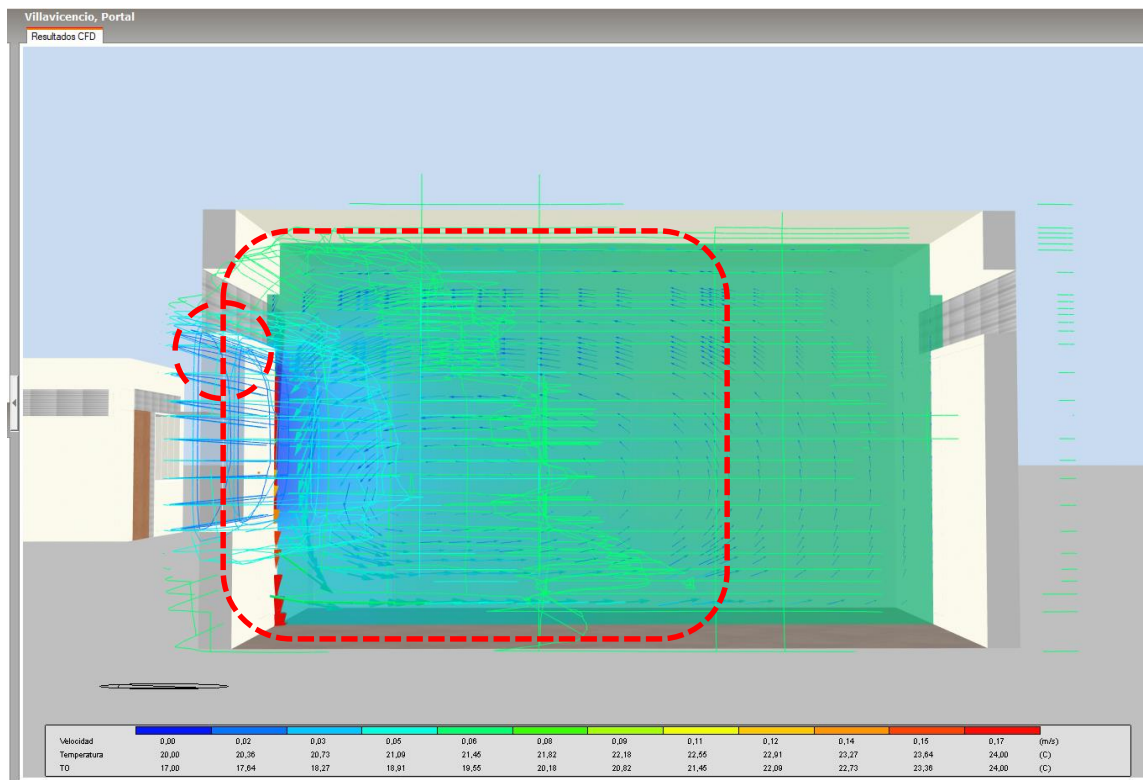


Figura 127 Condiciones de ventilación

En esta grafica podemos observar las condiciones de ventilación determinadas por las corrientes de viento conducidas por el muro enfocador y transmitidas a las habitaciones, en donde tenemos la variación de temperatura aplicando el sistema de ventilación cruzada , llevando así las condiciones de las rejillas y las ventanas para poder llevar la temperatura a unas condiciones dentro de los rangos de confort.

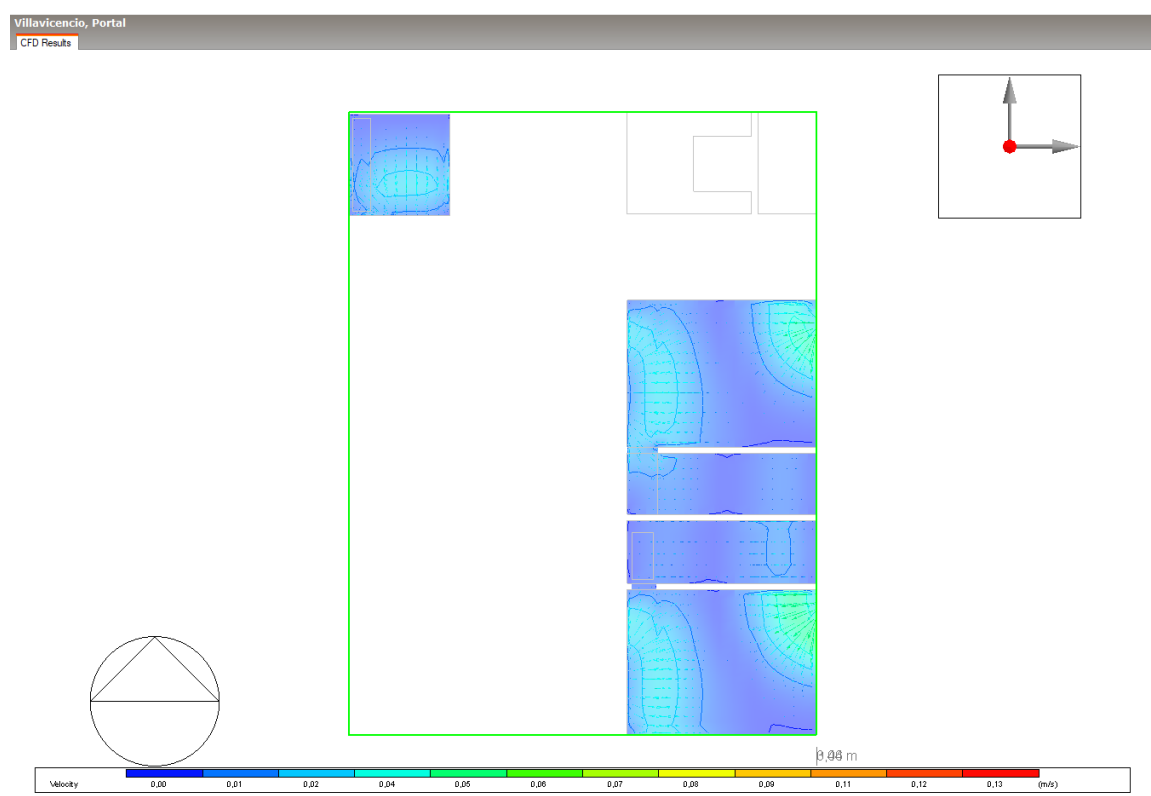


Figura 128 Velocidad de vientos en planta

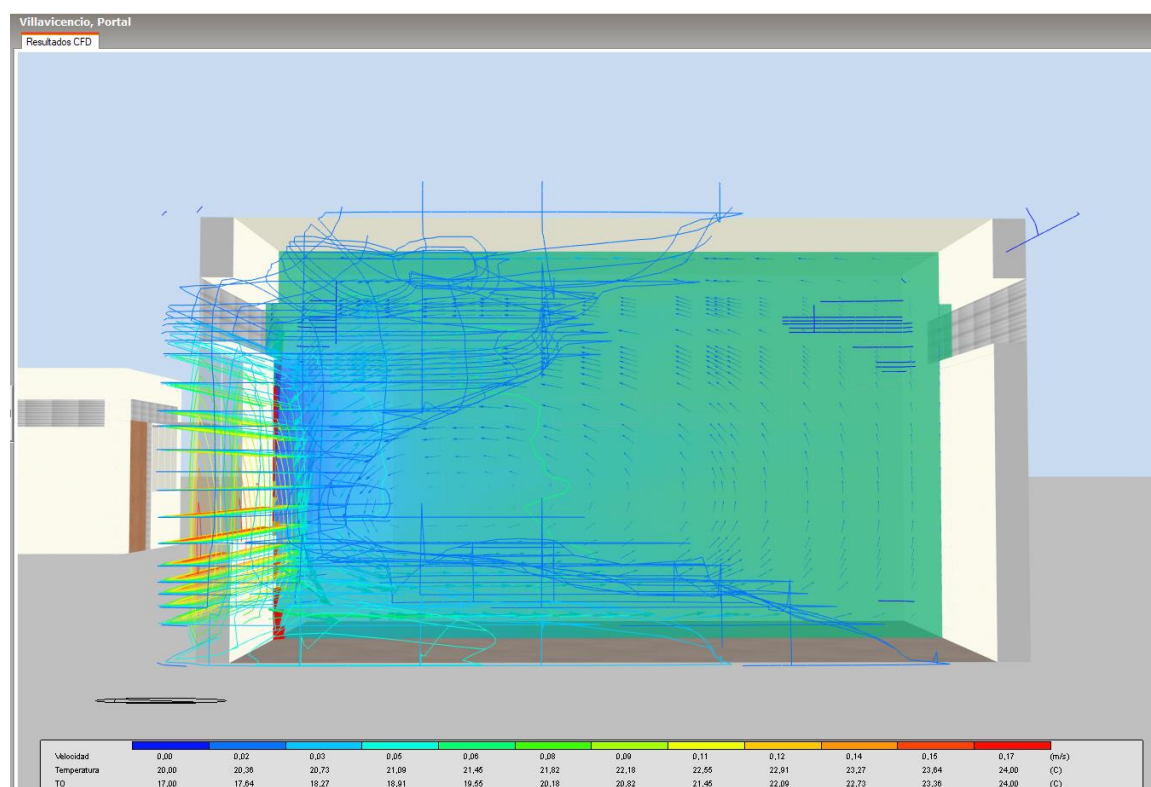


Figura 129 Incidencia de vientos en fachada, rejillas y perforaciones.

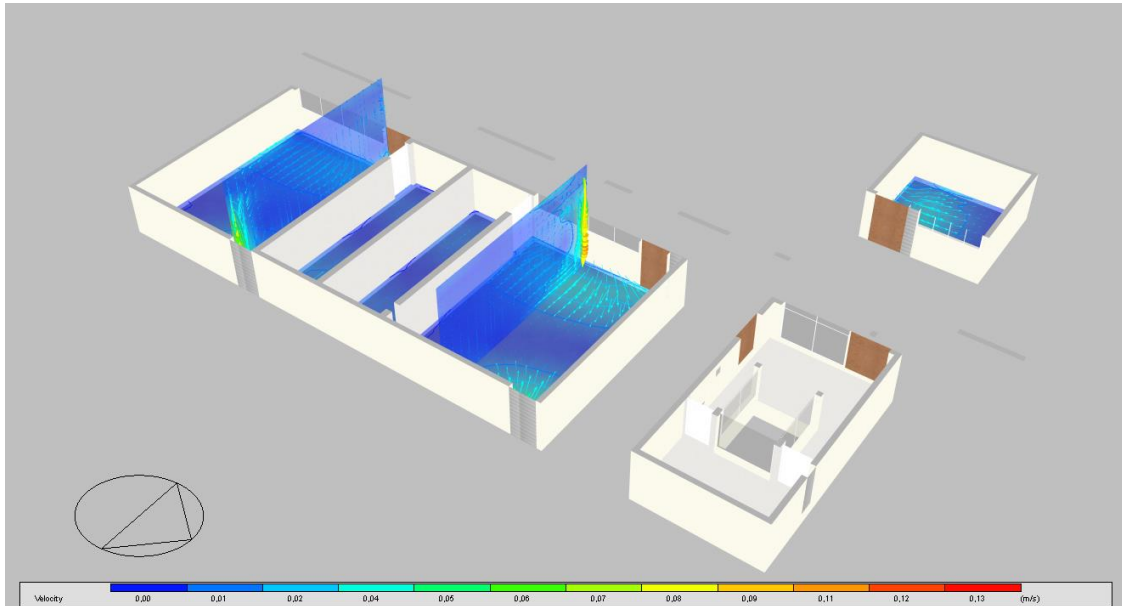


Figura 130 Comportamiento interior de ventilación

En la imagen podemos ver como las zonas en donde se encuentran las rejillas de uso directo al exterior presentan mayor velocidad, logrando así garantizar la renovación y el flujo del aire dentro del espacio de las habitaciones.

Dentro de esta imagen es más evidente el comportamiento de las rejillas que están dispuestas en la fachada que recibe los vientos predominantes del lugar, lo cual nos garantiza una correcta inyección al sistema propuesto.

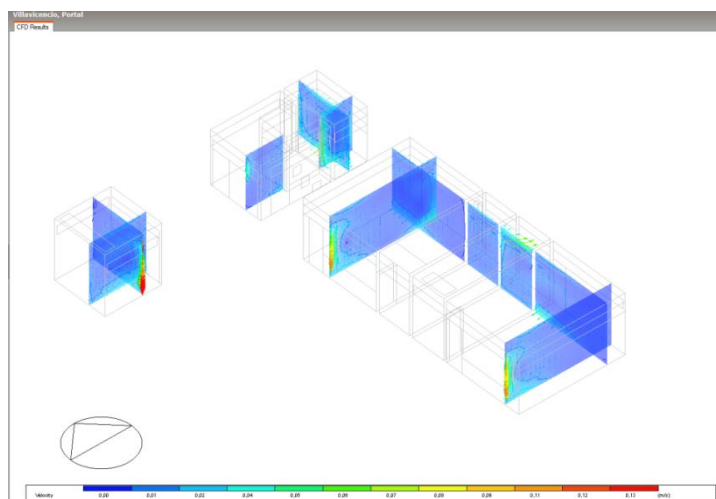


Figura 131 Uso de rejillas en espacios interiores , comportamiento

En esta imagen de planos vemos el comportamiento en 3 zonas del proyecto, el primero al occidente (zona bar) en donde corroboramos que el uso de las rejillas sobre esta cara nos ayudara a mejorar la velocidad y fluidez del aire en este sector, así mismo vemos como las rejillas que se encuentran ubicadas sobre el muro enfocador generan mayor movimiento del aire permitiendo así que se genere un túnel de viento entre el muro enfocador y la fachada interna del proyecto.

Esta imagen resulta ser interesante frente a la teoría del funcionamiento del muro enfocador, en donde vemos que recibe las corrientes de aire en la dirección predominante (parte alta) y las traslada al nivel de las alcobas en donde se encuentran las rejillas de ventilación.

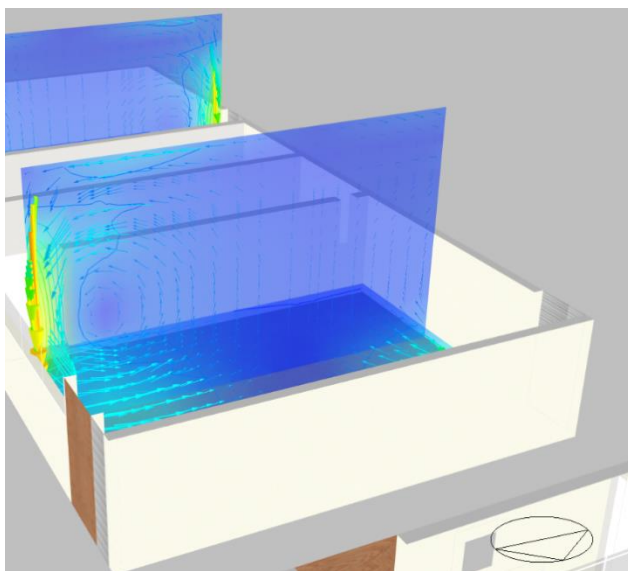


Figura 132 Comportamiento de rejillas y ventilación en fachada contra muro enfocador – zona alcobas

Comportamiento de asoleación y sombras.

Como resultado de la Composición Arquitectónica encontramos un gran muro que nos servirá de barrera para aislar y proteger las habitaciones y la zona social de la radiación de la mañana y de la tarde, a continuación, veremos la proyección de marzo y agosto que son los meses en donde hay mayor radiación solar.

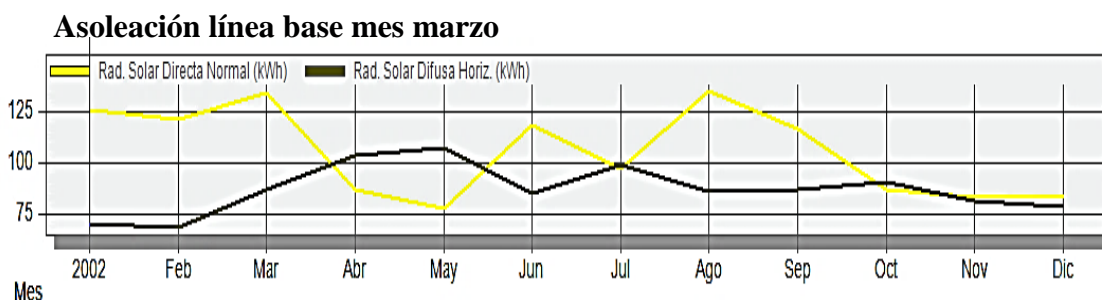


Figura 133 Asoleación línea base mes marzo

Asoleación en la mañana

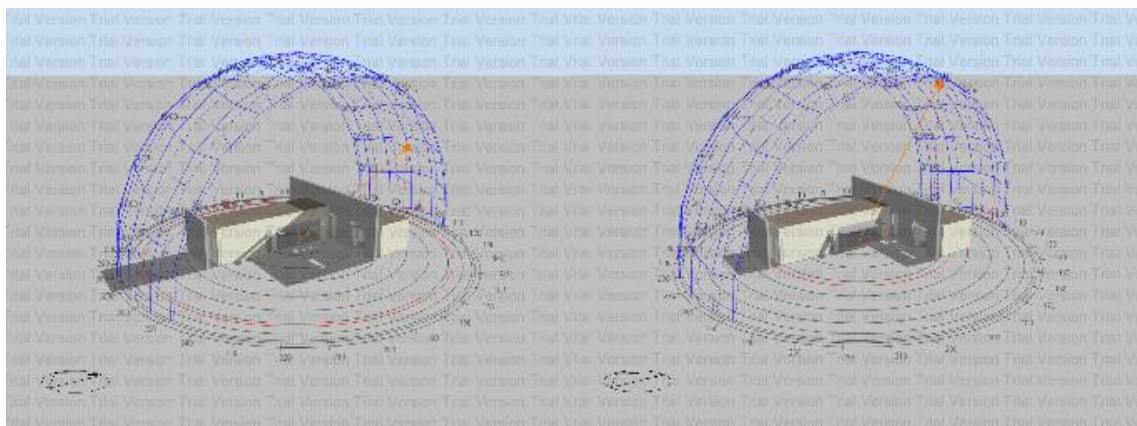


Figura 134 Asoleación en la mañana

Cuando vemos la proyección del sol en horas de la mañana vemos como el muro más alto proyecta una sombra en la zona de la Piscina y deja expuestas las habitaciones para la captación de la radiación solar, esto es gracias a la estrategia de orientación y de captación.

Asoleación en la Tarde

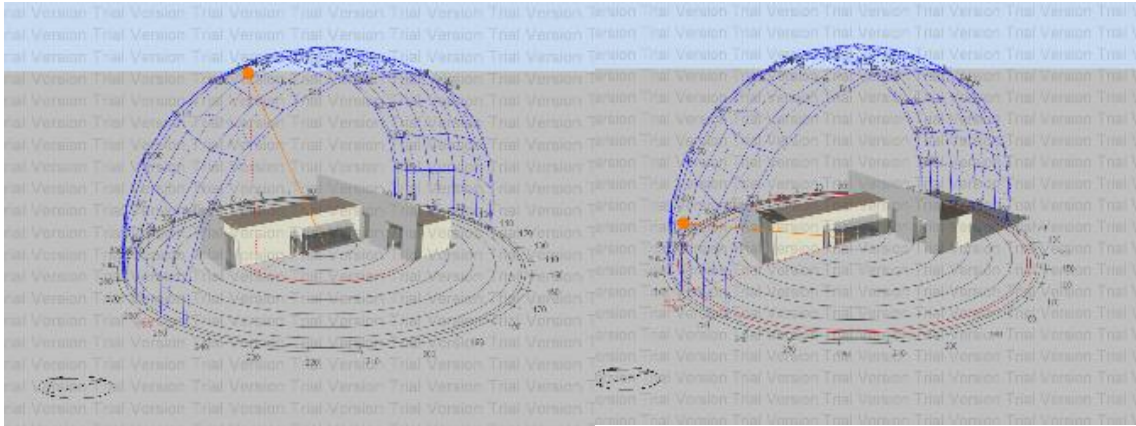


Figura 135 Asoleación en la tarde

Podemos ver como la radiación solar impacta directamente el muro mas alto el cual resguarda las habitaciones, convirtiéndose en un muro adiabático, es en esta grafica donde podemos concluir que son necesarias las pérgolas de protección sobre la zona social para poder controlar las ganancias por radiación.

Asoleación línea base mes Agosto

Asoleación agosto en la Mañana

La proyección de la sombra en el mes de agosto resulta moverse por el eje principal de dirección de la vivienda (eje central), lo cual ocasiona que la sombra tenga una variación considerable entre las 8 y las 10 am, dejando a la hora más próxima al medio día la zona de piscina y habitaciones más expuestas.

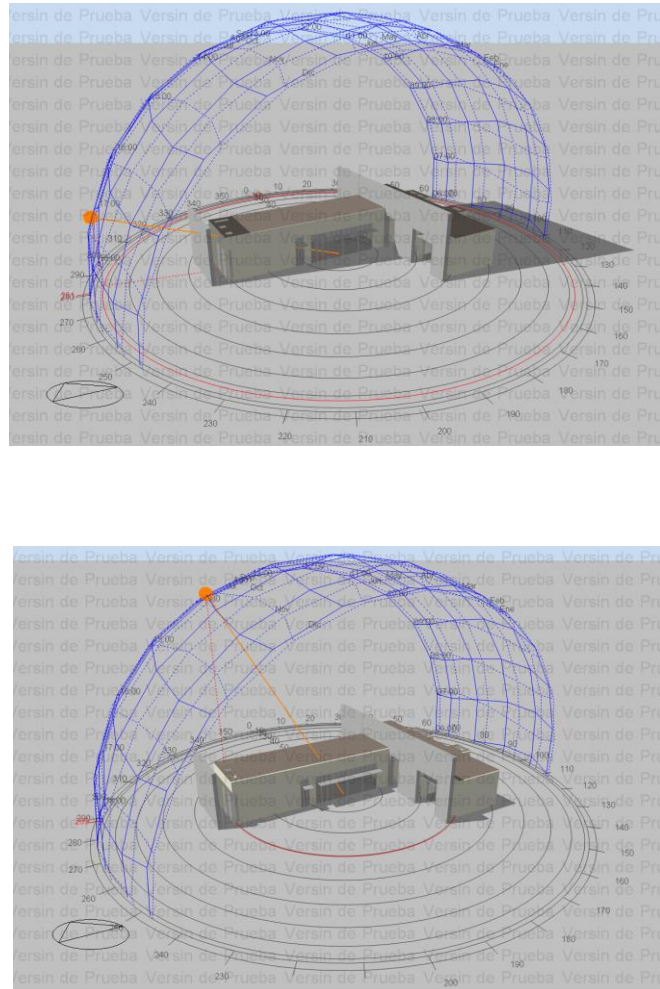


Figura 136 Asoleación agosto en la mañana

Asoleación agosto en la tarde

La proyección de la sombra en el mes de agosto resulta moverse por el eje principal de dirección de la vivienda (eje central de diseño), lo cual ocasiona que la sombra tenga una variación considerable entre las 8 y las 10 am , dejando a la hora más próxima al medio día la zona de piscina y habitaciones más expuestas a la radiación solar , es por esta razón que se aplica la estrategia del aprovechamiento del recurso de la radiación y así vez poder aislar el contacto que se tiene con la cubierta de las habitaciones y la zona social.

Diagnóstico ganancias solares línea base

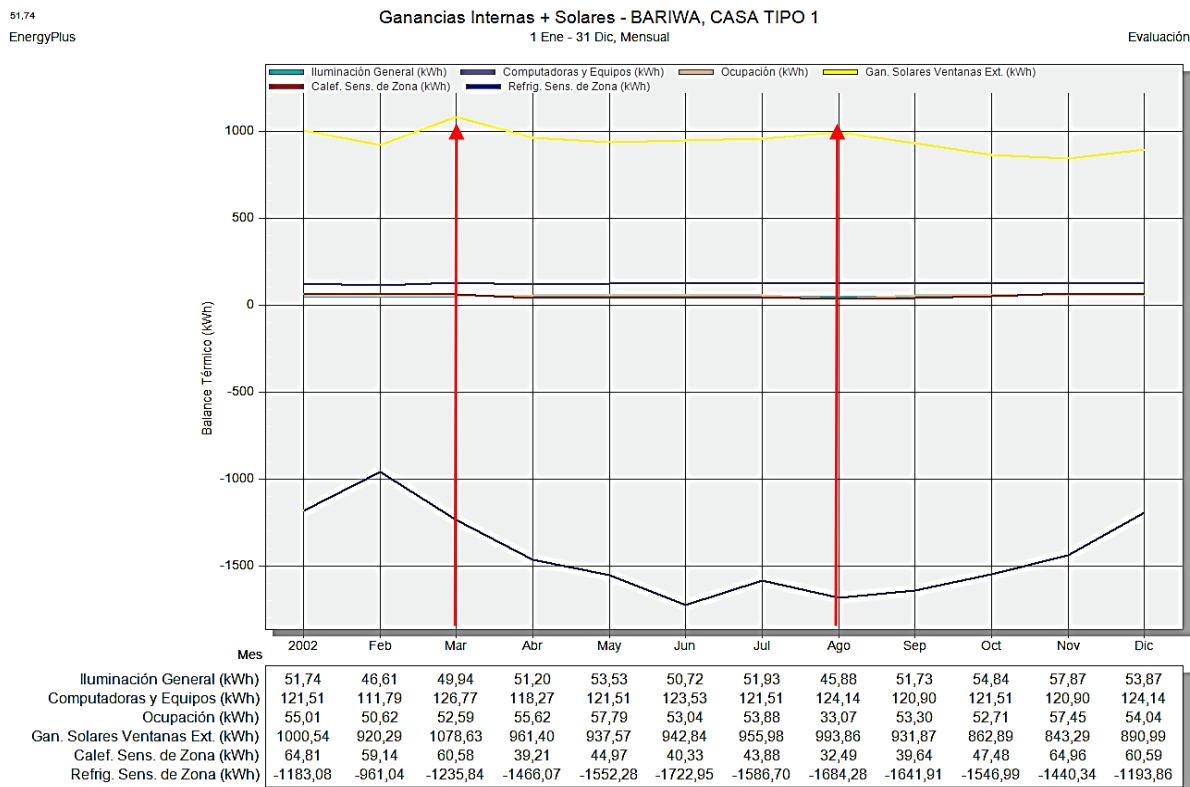


Figura 137 Diagnóstico ganancias solares

Teniendo en cuenta la simulación de sombras y la Tabla No. de ganancias, observamos que el valor más alto (1078,63KWH), se registra en el mes de marzo, y se produce a causa de las grandes superficies de ventanas que se tienen.

Así mismo se puede observar como la falta de un direccionamiento en la implantación y la escogencia de los materiales frente a las condiciones climáticas, no ayudan en el tema de asoleación y en la proyección de las sombras sobre los espacios sociales, es así que dentro de esta línea base se pudo catalogar que existe una sobre exposición a la radiación solar, lo cual aumenta la demanda de consumo de aire acondicionado o sistemas mecánicos de enfriamiento, a su vez se disparan los consumos energéticos dentro de la vivienda para suplir dicho déficit.

Sombras Proyectadas línea propuesta

Solsticio de invierno

Podemos ver como en la proyección de las sombras del solsticio de invierno en la composición de la volumetría actual, se proyecta el muro enfocador sobre la zona de la piscina y se evidencia como el sol esta con una proyección desplazada el costado norte - oriental del proyecto, en donde se ubicaron las habitaciones y la zona de lavandería. En ese diseño solo se tiene en cuenta la dirección del viento y el recorrido solar para usar la transferencia por radiación directa y controlar así la temperatura en la diferencia de delta de temperatura entre mañana y noche.

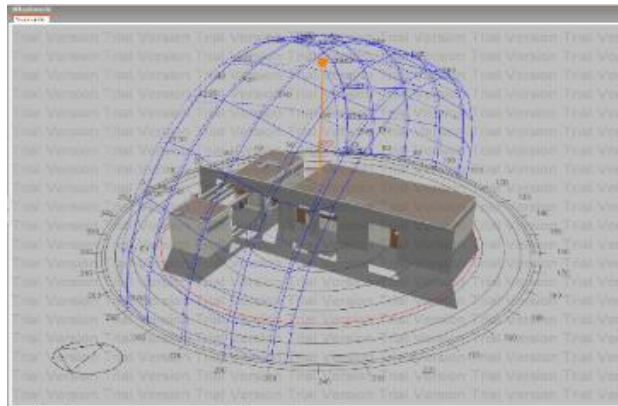


Figura 138 Solsticio de invierno en trayectoria solar

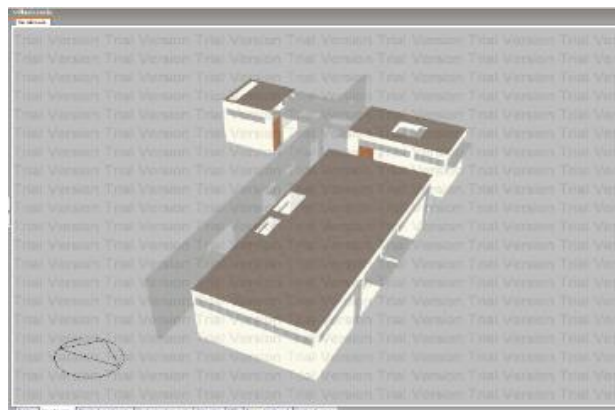


Figura 139 Disposición de volumetría en trayectoria solar.

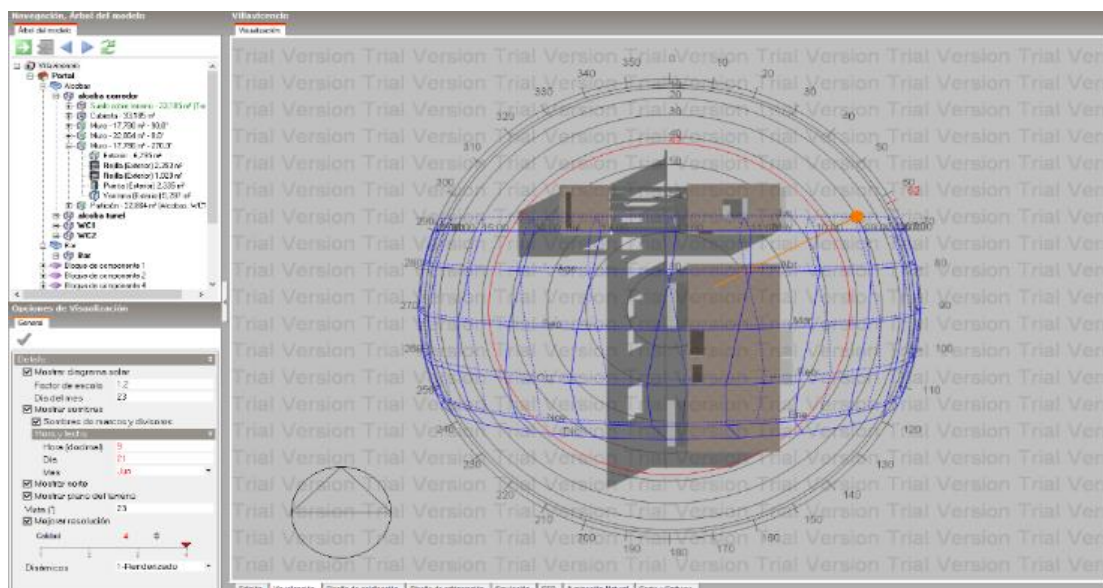
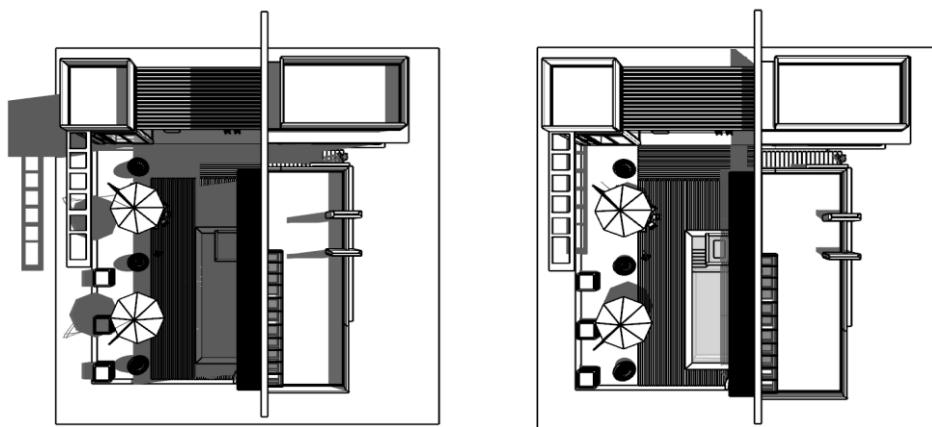


Figura 140, Trayectoria solar y disposición de los elementos arquitectónicos.

Estrategias aplicadas

Dentro de las estrategias de proyección de pérgolas y protección solar en ventanas, vemos como la incidencia del sol en la zona del muro enfocador cambia, lo cual se genera mayor cobertura y protección contra la radiación directa y en los demás volúmenes en la proyección de la hora crítica de 11 am a 3 pm se ven protegidos por estos elementos mejorando la condición de transferencia y temperatura del aire interior.



Proyección solar 9:00 am - 21 jun Proyección solar 11:00 am - 21 jun

Figura 141 Estrategias aplicadas proyección solar, sombras proyectadas.

Podemos ver como en la proyección de la sombra entre las 9 am y las 11 am se maneja como protección en la zona social de la piscina para poder dar así un uso sin restricción de horarios , mientras que en modelo de línea base se encuentra el mismo muro pero cumpliendo una función de muro enfocador de viento, por la condición de materialidad no se proyectan pérgolas para las ventanas exteriores , solo se proyecta en la zona social , lo cual genera un incremento en la radiación que da sobre las zonas acristaladas incrementando así la temperatura interior.

Solsticio de verano

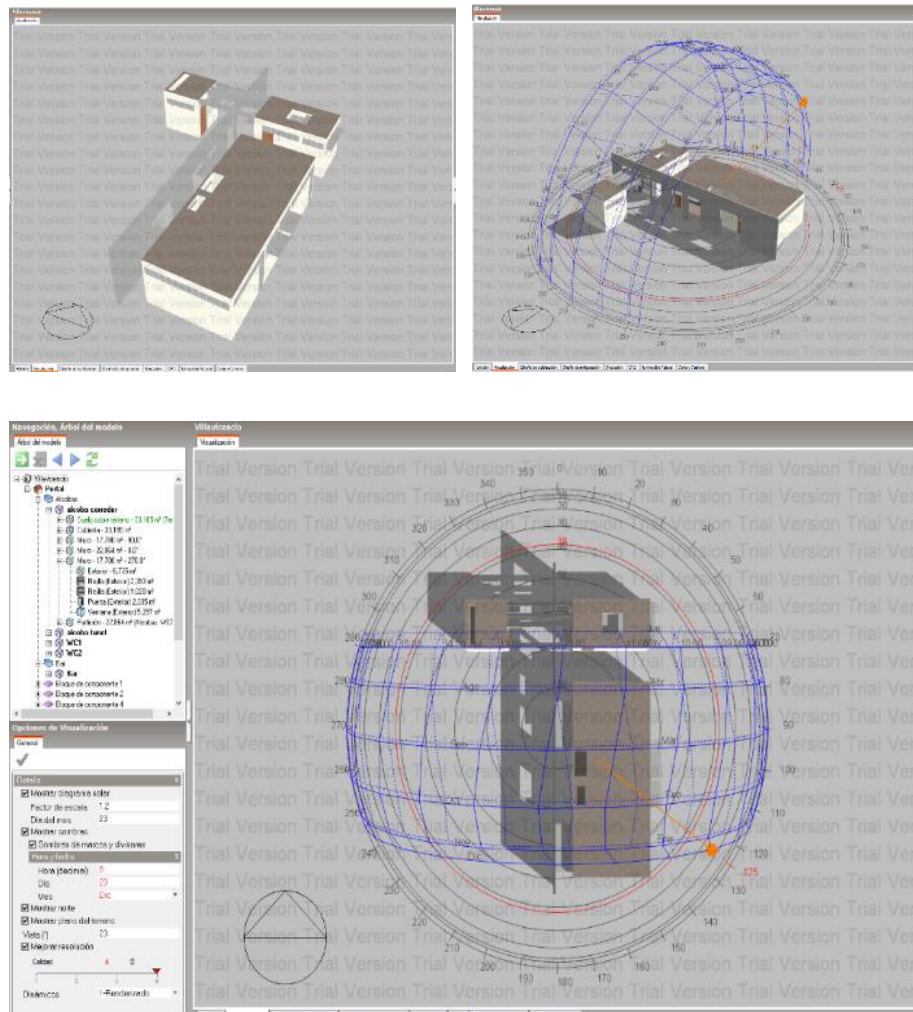
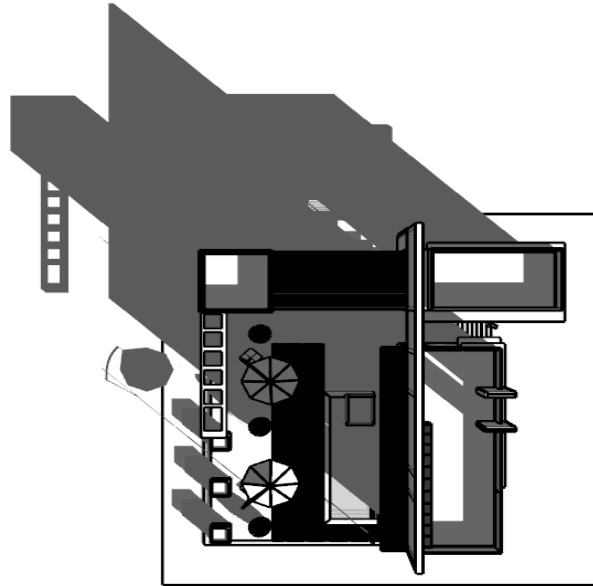


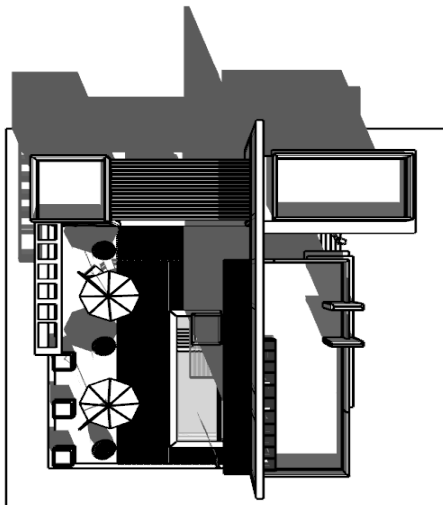
Figura 142 Proyección solar solsticio de verano

En la proyección de la estrategia en cubierta encontramos perforaciones sobre las zonas de baños y zona de cocina y ropas, con protección tipo chimenea para así mejorar las condiciones de iluminación y transferencia de radiación solar por conductividad térmica, estas perforaciones en esta época de solsticio de verano la proyección solar esta perpendicular a 125°



Proyección solar 9:00 am - 21 Dic

Figura 143 Proyección solar 9:00 am - 21 Dic



Proyección solar 11:00 am - 21 Dic

Figura 144 Proyección solar 11:00 am - 21 Dic

En la proyección de las sombras en el mes de diciembre resulta ser algo muy interesante frente al uso de la vivienda, puesto que se dispone para que la zona social no sufra las inclemencias del sol y el espacio resulte ser muy fresco, en comparativo con el diseño de la línea base.



Figura 145 Disposición del muro enfocador en pro de la asoleación y la dirección de vientos

Disposición del muro en pro de la asoleación y la correcta implantación del proyecto teniendo en cuenta parámetros, acústicos, térmicos, de control de radiación solar y de captación de aguas lluvias. En la línea de estudio se realiza una reconfiguración con los mismos elementos, teniendo en cuenta las condiciones de clima e implantación.



Figura 146 proyección de muro enfocador sobre línea de estudio.

En el diseño propuesto podemos ver como la influencia del muro, cumple una doble función, la primera como protección frente a la radiación solar y la segunda como enfocador de las corrientes de viento, la implantación del volumen arquitectónico resulta ser el estudio fundamental para la implementación de las estrategias y la reducción de costos en consumos.

De esta forma podemos ver como el control de los consumos y de las estrategias se lleva a cabo desde la planeación de la disposición del volumen y los espacios frente al uso y el entorno de implantación.

Resultados de estrategias

- 1 Viga cinta de remate en concreto armado
- 2 Cortafuegos en concreto y pintura intumescente
- 3 Muro doble en ladrillo con pega simple y recubrimiento en pañete impermeabilizado
- 4 Terminado en concreto de 5cm estampado tipo piedra escapato
- 5 Media Caña en concreto y recubierta con poliurea de 3mm
- 6 Cortasol en aluminio con sistema de movimiento manual de laminas para proteccion solar
- 7 Bordillo con Poliurea y enchape en tipo cristanac
- 8 Bordillo con Poliurea y enchape en tipo cristanac
- 9 Sistema de recirculacion de agua de piscina por medio de oxigenacion y movimiento de piscina sin fin
- 10 Pantalla en concreto armado.
- 11 Sobre piso en concreto armado con malla de refuerzo sobre recebo compactado al 95%
- 12 Muro en ladrillo de concreto con recubrimiento en concreto y estampado tipo piedra espacato.
- 13 Superficie de cubierta con Poliurea de 3mm
- 14 Cámara de aire para generar Plenum de ventilación en todos los espacios
- 15 Rejilla de ventilación en aluminio anodizado mate con perfil separador anti condensación.
- 16 Puerta en madera color bali con rejilla superior para control de ventilación
- 17 Cámara de aire interna para prevenir el paso de radiación rapidamente, generando así una barrera térmica.

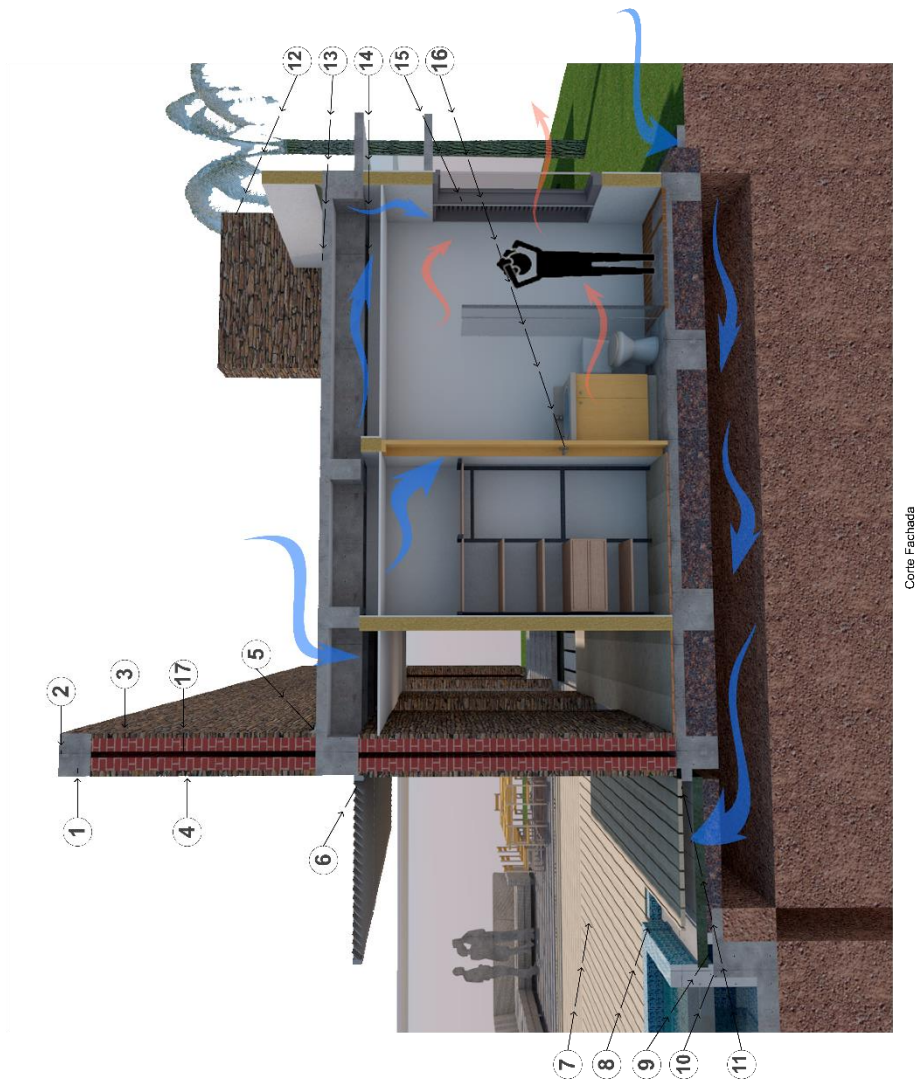


Figura 147 Primer resultado de estrategias en ventilación



casa vilav 5

- 1 El viento exterior golpea el muro enfocador , lo cual genera un cambio de dirección de las corrientes viento
- 2 Transferencia mínima de radiación por mayor superficie expuesta.
- 3 Ingreso de aire frío por fachada oriente (dirección predominante), paso por zona de ropas y renovación en zona de cocina
- 4 Puertas con rejillas superiores para el paso del aire que ingresa por rejillas de fachada .
- 5 Inyección de aire frío por costado lateral mediante rejilla, generando ventilación cruzada.
- 6 Se genera un cambio de presión por el aire que ingresa lateralmente por rejilla y dirección el aire caliente para salir por la parte superior de la rejilla central.
- 7 Infiltración de aire por cámara de piso lo cual ayuda a que baje la temperatura interior , generando así un túnel de viento envolvente.

Figura 148 Segundo resultado de estrategias en ventilación

Estas estrategias planteadas para el modelo de vivienda en clima cálido tropical , las podemos ver implementadas en edificaciones institucionales que exigen un mayor rango de confort, como es el caso del hospital Sarah Kubitschek en el salvador Brasil , condición climática similar a la del modelo de estudio, donde se implementa la ventilación cruzada y el uso de rejillas que ayudan a controlar la temperatura operativa, mezclando así el uso de patios interiores que ayudan a la inyección y la nivelación de la temperatura.

Este proyecto en particular presenta una condición de estudio de implantación para el mayor aprovechamiento de vientos y una condición de color para mitigar los efectos de la radiación.



Figura 150 Vista interior del Hospital



Figura 151 Vista interior del Hospital, implementación de las rejillas

Otro ejemplo particular en donde se usan las estrategias pasivas de ventilación, incorporando materialidad y uso controlado de aperturas es el de la escuela diseñada por John McAslan+Partners en África oriental, en donde las condiciones de humedad y clima resultan ser extremas, frente al uso que estos espacios para la educación, la estrategia de la ventilación cruzada y el control de la ventilación resultan ser claves para el desarrollo del proyecto, apoyados en la materialidad y orientación, conjugan un ideal para el desarrollo de la construcción, un resguardo fresco para poder estudiar y compartir en sociedad, resulta convertirse en todo un hito para la comunidad, sin romper con la tradición constructiva de la

zona se logra un despiece casi que milimétrico que cambia la noción de interior y exterior en esta región africana.



Figura 152 Vista de escuela en Malawi África oriental, estrategia de ventilación cruzada



Figura 153 Vista de escuela en Malawi África oriental, uso de materiales y control solar



Figura 154 Vista de escuela en Malawi África oriental, ventilación e iluminación interior




Figura 155 Vista de escuela en Malawi África oriental

Ahorros energéticos y costos

Mediante el software EDGE, se proyectará la trazabilidad económica de la implementación de los ahorros y el factor de retorno de dicha inversión, para poder revisar este parámetro debemos tener claro el costo de los servicios públicos y de la disponibilidad de los mismos.

Costo servicios públicos.

 ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P. <i>Trabajamos con energía</i>						
Tarifas de energía, subsidios y contribuciones del mercado regulado del departamento del Meta y estructura del Costo Unitario del Servicio. Noviembre de 2017						
Vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos Número Único de Registro 2-50001000-1 IPC aplicado: 0,014%						
Los presentes valores son calculados según las formulas generales establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG en las resoluciones 031 de 1997, 079 de 1997, 082 de 2002, 108 de 2003, 036 de 2006, 001 de 2007, 119 de 2007, 058, 097 y 168 de 2008, 102 de 2009, 025 de 2010, 186 de 2010, 172 de 2011, 173 de 2011, 057 de 2014 y leyes 812 de 2003 y 1428 de 2010.						
Servicio Residencial (\$/kWh) Redes EMSA Propietaria de la Red y la Transformación						
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
Valor energía	501.96	501.96	501.96	501.96	501.96	501.96
Subsidio a los primeros 173 kwh	55.43%	44.28%	15.00%	0.0%	0.0%	0.0%
Contribución a fondos de solidaridad	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00%	20.00%
Valor kWh	223.75	279.68	426.67	501.96	602.35	602.35
Servicio Residencial (\$/kWh) Redes Usuario y EMSA Propietarios de la Red y la Transformación						
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
Valor energía	486.91	486.91	486.91	486.91	486.91	486.91
Subsidio a los primeros 173 kwh	56.69%	45.87%	15.00%	0.0%	0.0%	0.0%
Contribución a fondos de solidaridad	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00%	20.00%
Valor kWh	210.85	263.58	413.87	486.91	584.29	584.29
Servicio Residencial (\$/kWh) Redes Usuario Propietario de la Red y la Transformación						
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
Valor energía	471.85	471.85	471.85	471.85	471.85	471.85
Subsidio a los primeros 173 kwh	53.95%	42.43%	15.00%	0.0%	0.0%	0.0%
Contribución a fondos de solidaridad	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00%	20.00%
Valor kWh	217.31	271.63	401.08	471.85	566.23	566.23

TARIFAS ENERO 2017

ACUEDUCTO						
ESTRATO / TIPO DE USO	SUBSIDIO	APORTE	CARGO FIJO (\$/m ³)	CONSUMO BASICO 0-19 m ³ (\$/m ³)	CONSUMO COMPLEMENTARIO 20-38 m ³ (\$/m ³)	CONSUMO Suntuuario > 38 m ³ (\$/m ³)
Estrato 1	66%	-	\$ 2.275,45	\$ 600,71	\$ 1.766,79	\$ 1.766,79
Estrato 2	36%	-	\$ 4.283,19	\$ 1.130,75	\$ 1.766,79	\$ 1.766,79
Estrato 3	11%	-	\$ 5.956,32	\$ 1.572,44	\$ 1.766,79	\$ 1.766,79
Estrato 4	-	-	\$ 6.692,49	\$ 1.766,79	\$ 1.766,79	\$ 1.766,79
Estrato 5	-	60%	\$ 10.707,98	\$ 2.826,86	\$ 2.826,86	\$ 2.826,86
Estrato 6	-	65%	\$ 11.042,61	\$ 2.915,20	\$ 2.915,20	\$ 2.915,20
SECTOR COMERCIAL Y TEMPORAL	-	60%	\$ 10.707,98	\$ 2.826,86	\$ 2.826,86	\$ 2.826,86
SECTOR - INDUSTRIAL	-	40%	\$ 9.369,49	\$ 2.473,51	\$ 2.473,51	\$ 2.473,51
SECTOR - OFICIAL Y ESPECIAL	-	-	\$ 6.692,49	\$ 1.766,79	\$ 1.766,79	\$ 1.766,79

Figura 156 Costo de servicios públicos empresas del Meta

Una de las principales problemáticas que se tiene frente a la prestación de los servicios es la falla constante en el suministro, esto es debido a que la ciudad de Villavicencio no cuenta aún con una estructura consolidada para garantizar los servicios, es por esta razón que se determinan las siguientes variables para establecer el por qué se deben usar estrategias pasivas dentro del proyecto.

Consumo de energía de aire acondicionado

Consumo de agua para equipos de refrigeración

Consumo de energía para equipos de calefacción

Los mayores consumos energéticos están relacionados a equipos para el confort, puesto que debido a las condiciones climáticas este se ve afectado dentro de espacios cerrados y con poca altura, tal como lo vimos en el desarrollo de la investigación.

Red se suministró intermitente nos lleva a prever el consumo de agua dentro del proyecto y tener en cuenta los siguientes parámetros:

Uso de equipos de bajo consumo


Uso de filtros y aireadores en griferías

Reducción de energía embebida dentro de procesos constructivos


Uso de materiales propios del sitio

Modelación del proyecto en EDGE

Dentro del desarrollo de la modelación del proyecto, alimentamos el software con la información de costos de combustible, energía y estrategias, con la finalidad de poder tener el panorama más real posible frente a la trazabilidad económica del proyecto.



Excellence in Design
For Greater Efficiencies



International
Finance Corporation
WORLD BANK GROUP

Creating Markets, Creating Opportunities

Detalles del Proyecto


<p>Nombre del titular del Proyecto : ARQ. CHRISTIAN SANABRIA</p> <p>Nombre del Proyecto* : PORTAL DE VILLAVICENCIO</p> <p>Nombre de la Casa o Edificio* : CASA MODELO</p> <p>Email del titular del Proyecto :</p> <p>Teléfono del titular del Proyecto :</p> <p>Número del Proyecto : Not Assigned</p> <p>Área del piso del proyecto maestro* : 172 m²</p> <p>Etapas del proyecto : Preliminar</p>	<p>Dirección del Proyecto (línea : CASCO URBANO VILLAVICENCIO 1)*</p> <p>Dirección del Proyecto (línea : 2)</p> <p>Ciudad del Proyecto* : VILLAVICENCIO</p> <p>Provincia/Estado del Proyecto : META</p> <p>Código postal del Proyecto :</p> <p>País del Proyecto* : COLOMBIA</p> <p>Tipo de proyecto : New Building</p>
--	---

Datos de ubicación

País : Colombia

Ciudad : Villavicencio

Categoría de ingresos : Alto



Datos del edificio

Tipo de unidad de vivienda : Casa

Área promedio de la unidad de vivienda : 170 m²

Dormitorios/Unidad : 3 n.o

Número de pisos/niveles : 1 n.o

Unidades de vivienda : 1 n.o

Ocupación (personas por unidad) : 10 n.o

Área detallada

	Por defecto	Entrada del usuario
Dormitorio :	66	15 m²
Cocina :	44	15 m²
Sala/Comedor :	67	36 m²
Baño :	49	4 m²
Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** :	100.00	m²
Área interna bruta :	170	m²
Longitud de las paredes externas en metros por piso :	53	metros
Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso :	26.3%	

**El campo de cuarto de ropas, balcón y punto fijo (m²) es equivalente al espacio restante para alcanzar el área interna bruta total (m²).

Figura 149 Modelación energética en EDGE

RESULTADOS

Consumo final de energía : 1067.57 kWh/Mes/Unidad Vivienda	Ahorro de CO2 durante el uso : 0.94 tCO2/Año
Consumo final de agua : 38.59 kL/Mes/Unidad Vivienda	Ahorro de energía incorporada : 2048.18 megajulios en materiales
Costos de servicios públicos - : 216.27 \$/mes/unidad Línea base	Costo incremental : 6,889.00 \$/unidad
Reducción en el costo de : 60.52 \$/mes/unidad servicios públicos	Retorno en años : 9.49 Años

Figura 150 Resultados modelación

Valoración energía

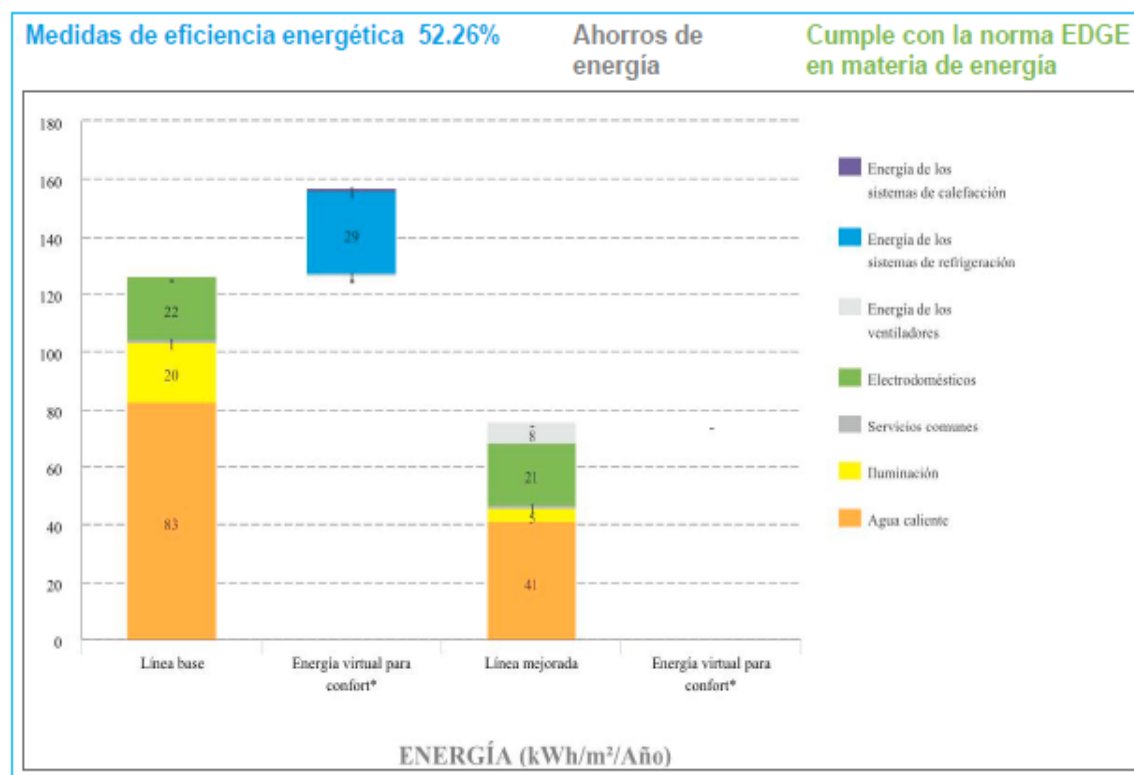


Figura 151 Valoración de energía

Dentro de la valoración de la simulación y en cumplimiento con la resolución 0549 la vivienda está cumpliendo con los estándares de ahorro y eficiencia, llegando a un 52,26% sobre 45 % exigido por la norma para el segundo año, las estrategias implementadas son:

Reducción de proporción de vidrio en fachadas

Pintura reflectiva para techo

Pintura reflectiva para paredes

Control solar externo (pérgolas y aleros)

Aislamiento de techo (cielo raso)

Aislamiento térmico de paredes externas

Vidrio baja emisividad

Ventilación natural

Ventiladores de techo

Electrodomésticos ahorradores

Controles de iluminación

Calentadores solares

Medidores inteligentes

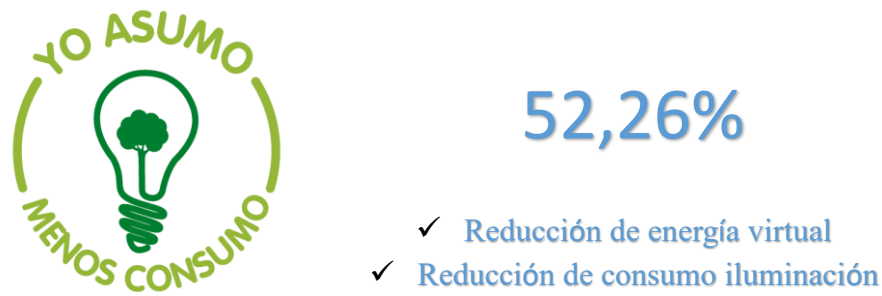


Figura 152 Resultados reducción de energía

Energía	Año 2			
Con respecto a la línea base	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	20	35	25	45
Hospitales	35	25	35	30
Oficinas	30	30	40	30
Centros comerciales	25	40	35	30
Educativos	45	40	40	35
Vivienda NO VIS	25	25	25	45
Vivienda VIS	20	15	20	20
Vivienda VIP	15	15	20	15

Figura 153 Reducción energía año 2

Ahorro agua

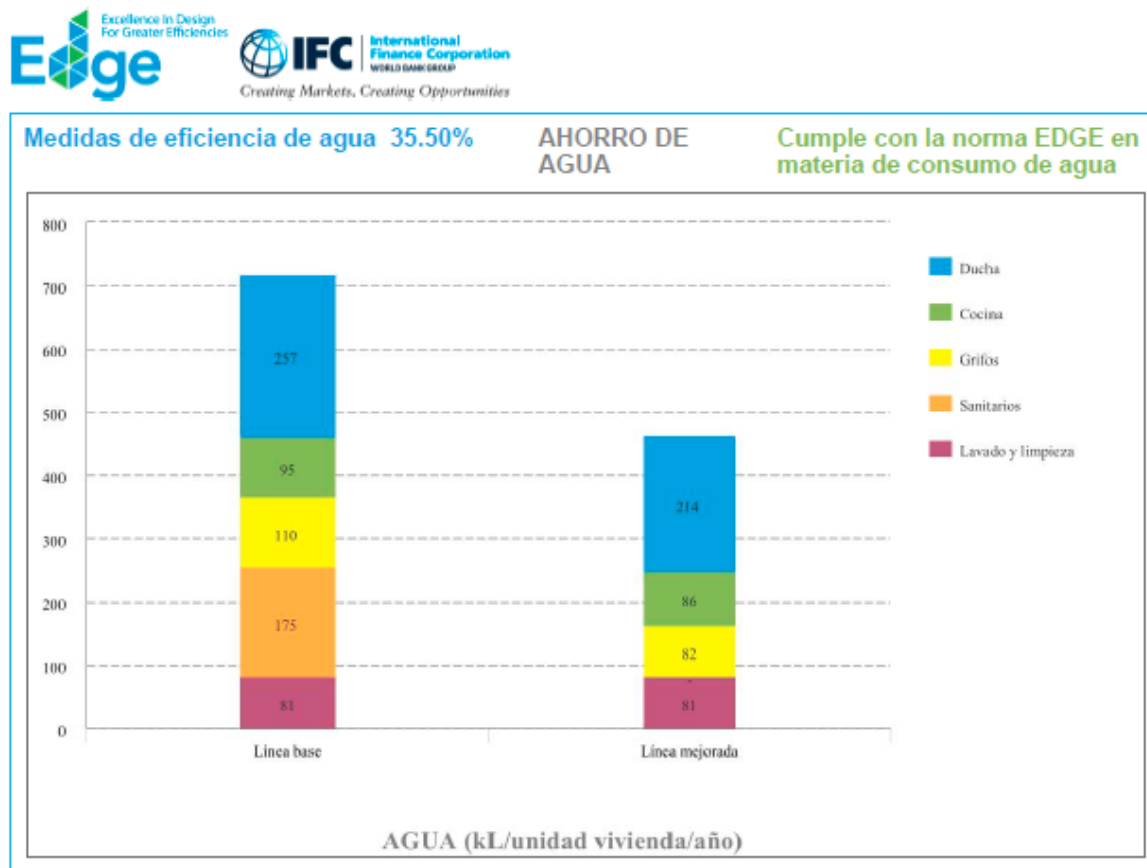


Figura 154 Ahorro de agua en modelación EDGE

Dentro de la valoración de la simulación y en cumplimiento con la resolución 0549 la vivienda está cumpliendo con los estándares de ahorro y eficiencia, llegando a un 35,50 % sobre 20 % exigido por la norma para el segundo año, las estrategias implementadas son:

Duchas de bajo consumo

Grifos de bajo consumo cocina

Grifos de bajo consumo lavabos

Reciclaje de aguas para descarga de sanitarios. (está fundamentada en el uso de sistemas de recirculación de aguas lluvias).



Figura 155 Resultados ahorro de agua

Agua Con respecto a la línea base	Año 2			
	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	25	10	35	45
Hospitales	10	40	10	40
Oficinas	30	35	45	20
Centros comerciales	25	15	45	20
Educativos	45	40	40	40
Vivienda NO VIS	25	25	20	20
Vivienda VIS	10	15	10	15
Vivienda VIP	10	15	10	15

Figura 156 Ahorro de agua año 2

Materiales

Dentro de la valoración de la simulación y la vivienda está cumpliendo con los estándares de ahorro y eficiencia, llegando a un 50,82 % sobre 20 % exigido por la norma para el segundo año, las estrategias implementadas son:

Materiales con un valor R alto

Materiales compuestos (muros) con valor U menor a 1

Uso de materias de innovación tecnológico y de compuestos (poli urea lanzada)

Uso de bloques de concreto y capas exteriores con recubrimientos que optimizan la transmitancia térmica (según el caso)

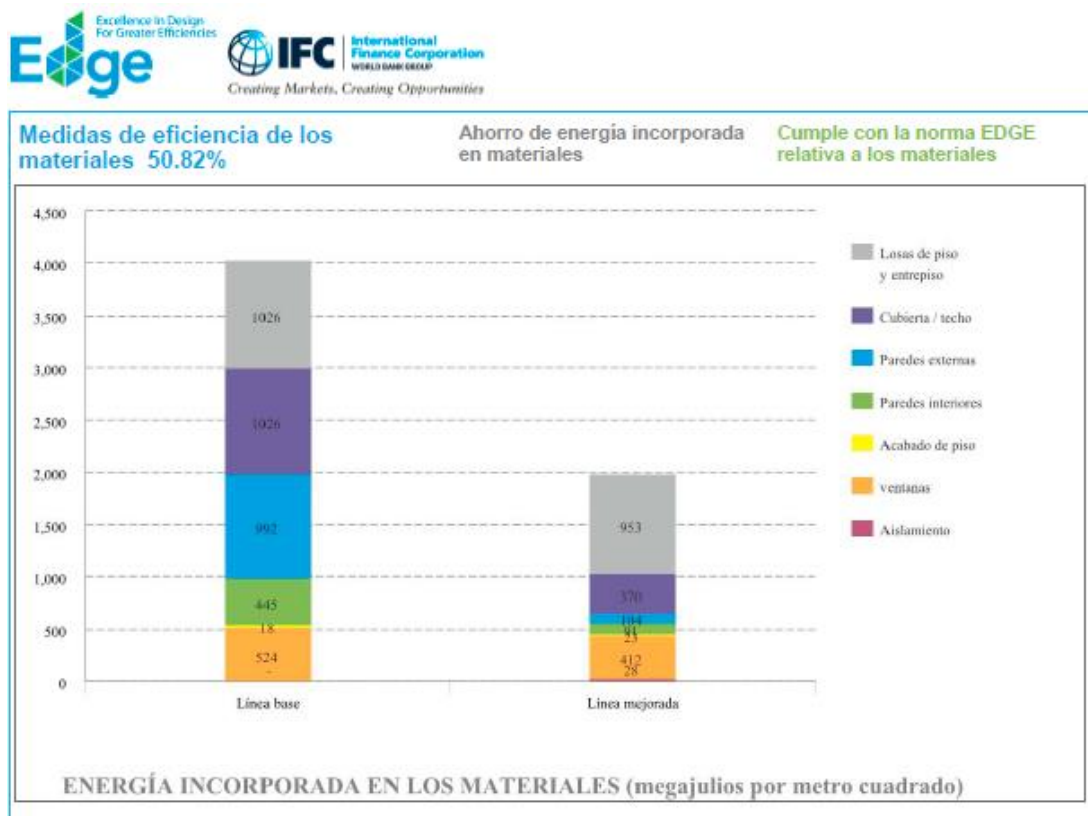


Figura 157 Materiales modelado EDGE

Conclusiones ahorros energéticos y costos

Como resultado de la simulación , podemos concluir que la vivienda da cumplimiento a los establecido en la normativa nacional por la resolución 0549 de 2015 y que las estrategias aplicadas tendrán un costo proyectado de COP \$ 20.538.055,14 , el cual tendrá un retorno en 9,5 años , lo que indica que se tendrá un ahorro mensual de COP \$ 180,427 , El proyecto en unitario en tiempo de retorno es medio , puesto que si se usan las estrategias para todas las viviendas del conjunto los costos de servicios bajaran , los sistemas de uso común como el agua caliente, el agua de riego y electricidad reducirán y puede ser usada como “comunitaria” mediante la implementación de calentadores solares sobre los edificios comunes.

Realmente se proyecta el cumplimiento y la reducción de consumos a una misma finalidad y es la interacción del diseño sostenible bajo la matriz de modelo económico de un inversionista de esta escala.

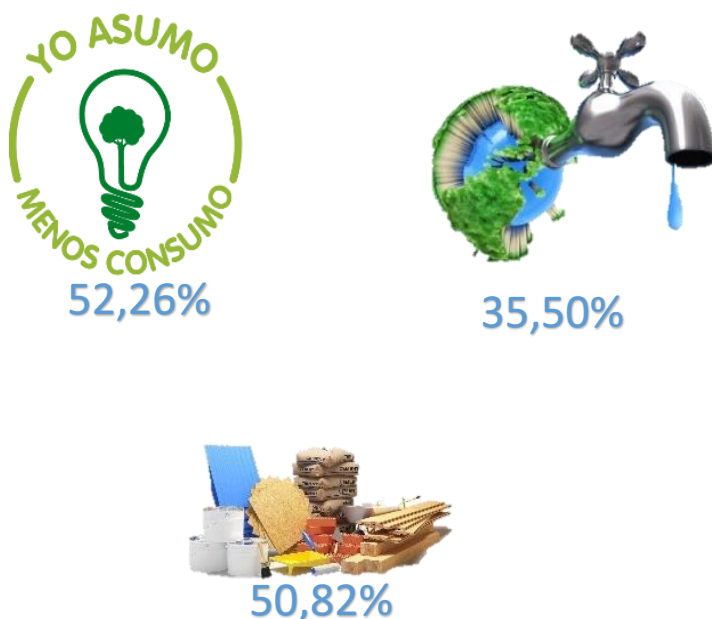


Figura 158 Ahorros energéticos en agua, energía y materiales

Conclusiones

Clima Anual:

Dentro del proyecto se debe atender la necesidad de mitigar la variación de la temperatura global, dando respuesta al IPCC, la normativa nacional vigente de ahorro en recursos, dentro de las variables más considerables que se tuvieron en cuenta frente a la hora de diseñar están:

Variación de la temperatura promedio de 24°C

Proyección de respuesta del diseño a temperatura proyectada a 2100 de 27°C a 28°C, uso de estrategias de asoleación y ventilación, respondiendo en el diseño desde la concepción de la cimentación y el comportamiento de la permeabilidad del suelo en la zona.

Simulación dentro de los rangos de la semana extrema de verano, temporada que se debe aprovechar para la captación de energías alternativas por las horas de exposición en la cubierta. (meses de verano Enero, febrero, mayo, septiembre), durante esta época se alcanza una radiación de 5589Kw/m²

Así mismo se tuvo en cuenta la temporada de lluvias (Mayo – Junio) como mayo en donde las precipitaciones llegan a 556mm y un mínimo en temporada de verano de 64,8mm, lo que en el diseño se tuvo en cuenta elevando la vivienda y generando una cámara de aire que permita que la humedad no suba a la estructura de la vivienda (colchón en terreno saturado de agua)

Clima Diario:

Dentro de las simulaciones diarias pude identificar como la temperatura sufre una fluctuación entre las 10 am y las 4 pm, donde se presentan picos de temperatura en época de verano llegando a una temperatura máxima de 33°C, este indicador afecta directamente la

relación ventana pared, lo cual contribuye a la variación de la temperatura operativa del proyecto bajo los criterios de acristalamiento.

Clima Diario:

Con la relación de ventana pared afectada por las condiciones de temperatura, se direcciona el volumen frente a los vientos predominantes los cuales son mayores en el cuadrante norte- oriente y se evidencia en los meses de Agosto, Septiembre, Octubre, llegando a los 2m/s , lo cual beneficia para la ventilación natural propuesta dentro de la materialidad del proyecto.

Teniendo en cuenta las variables de viento se logra llegar mediante orientación a una renovación de 2,75Kw a las 2 pm, horario que es fundamental dentro de la ventilación (está dentro de las horas de rango con máxima temperatura)

Materialidad

Dentro del uso de materiales, se simulo la línea base con ladrillo y bloque en arcilla, en donde los resultados de transmitancia térmica no fueron los mejores.

Muros

Se implementó un muro de 14 cm compuesto por un ladrillo de concreto con otros componentes aislantes, arrojando como resultado una composición que resistencia 0,81m2 k/w un valor U de 1,22 W/m2K, lo cual dentro de las variables de medición el valor u no es el mejor, pero nos garantiza que dentro de la composición no tendremos puntos de condensación en la cara interior del muro. (ver simulación comparativa muros)

Rejillas

El uso de rejillas es fundamental dentro del diseño de la vivienda para la ventilación natural y la reducción del consumo de energía por uso de equipos mecánicos , por esta razón determino que las rejillas de uso manual tendrán una operación según la programación de la vivienda y responderán a una apertura del 50 %, se manejó un sistema mixto para la apertura de la rejilla , mediante la perfilería de la ventana , puesto que las rejillas se disponen a una altura de 2,40 para que sean eficientes y se cumpla el proceso de renovación por ventilación cruzada , estas rejillas tienen y una altura de 60cm y su longitud varía según el caso.

Cubierta

Dentro de los elementos más relevantes encontramos la superficie con mayor exposición a la radiación y a las condiciones climáticas.

En el proceso comparativo de simulación se fundamentó una cubierta tradicional en la línea base en donde se tenía un espesor de 35 cm los cuales eran compuestos por una placa aligerada y cielo raso en dry Wall (VALOR R: 0,40 M2KW VALOR R: 2,49WM2K) , frente a la mejora de las condiciones interiores se busca la reducción de sección de placa para así bajar la demanda de energía usada en la preparación del concreto pero los resultados son inversos, se elevan los valores R – U dejando como mejor opción la cubierta de la línea base, para ello se modela una tercera cubierta la cual está compuesta como la línea base pero incluimos dos materiales , el primero grava suelta sobre la placa y poli urea de 3mm , lo cual nos arroja como resultado un espesor de 28 cm con unos valores de R:1,31 M2 KW y un valor U de 0,74 WM2K , para reducir el tamaño de la placa se implementa una cubierta verde , la cual ayuda a reducir el tiempo de paso de la radiación solar a los materiales principales de la estructura de la placa.

Ganancias internas

Temperatura del aire:

Frente a este ítem, se puede observar como resultado de las estrategias de implantación una disminución en la franja de 2pm a 3pm con un rango de temperatura de $24,12^{\circ}\text{C}$ y una disminución de $0,49^{\circ}\text{C}$, este indicador nos ayuda para mejorar las condiciones de la temperatura operativa.

Temperatura operativa

Se presenta una variación de incremento $0,54^{\circ}\text{C}$, esto es efecto del acristalamiento que existe en el proyecto, puesto que la radiación solar es mayor por la relación ventana pared, este es uno de los ítems más relevantes dentro del diseño, puesto nos habla de la permeabilidad del proyecto y la iluminación.

Muros

Se implementó un muro de 14 cm compuesto por un ladrillo de concreto con otros componentes aislantes, arrojando como resultado una composición que resistencia $0,81\text{m}^2 \text{ k/w}$ un valor U de $1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$, lo cual dentro de las variables de medición el valor u no es el mejor, pero nos garantiza que dentro de la composición no tendremos puntos de condensación en la cara interior del muro. (ver simulación comparativa muros)

Humedad

Con las estrategias implementadas se evidencia un aumento de 1,43% en la franja de 4:00 am 10:00am, esto se debe a la mayor zona sombreada durante este periodo, así mismo se puede evidenciar que dicha variación obedece a la orientación del volumen para captar la radiación (a menor radiación, mayor humedad).

Cumplimiento de los objetivos

En el desarrollo de la investigación y su aplicación vemos como se da el cumplimiento del objetivo general, ratificando que el modelo arquitectónico debe ser concebido dese la construcción del programa y la disposición de los espacios frente a una condición climática especial (propia del lugar), que debe responder a una materialidad y a unos estándares mínimos para concebir una temperatura ideal para el usuario final.

Identificando uno a uno los escenarios que componen el proyecto arquitectónico y su emplazamiento, es posible contextualizar y caracterizar las condiciones optimas para el desarrollo de un proyecto sostenible. La implementación de estrategias pasivas propias para una condición de clima, nos ayudan para la construcción de una política de cumplimiento de ahorros y estándares de confort propios de la región, así mismo nos permitió establecer que elementos dentro del diseño son fundamentales en la estructuración de las estrategias y la implementación de sistemas alternos para la ventilación con bajos costos.

Se pudo ver como con una correcta implantación y orientación, los recursos bióticos resultan ser generadores de mayor confort dentro de la vivienda y así poder tener un proyecto articulado con respuesta arquitectónica sin que afecte la condición del entorno, buscando siempre el cierre ecológico del proyecto.

Se aplica el factor propuesto por taller vertical en donde el diseño debe integrar la calidad de vida+ calidad ambiental + salud humana + salud del edificio + eficiencia energética + costo de operación y así podremos hablar de un proyecto articulado y que permitirá un cierre ecológico.

Bibliografía

Akbari, H. (2000). Updates on revision to ASHRAE Standard 90.2: Including roof reflectivity for residential buildings.

American society of heating refrigerating and air conditioning engineers.
(1992). *ASHRAE STANDARD: An American Standard: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating refrigerationg and air conditioning engineers.

Castells, X. (2012). *La Vivienda y el Confort*. Madrid España.

Croiset, M. (1970). *Humedad y temperatura en los edificios*. Editores Técnicos Asociados.

García-Arbeláez, C., Barrera, X., Gómez, R., & Suárez-Castaño, R. (2015). *El ABC de los compromisos de Colombia para la Cop 21*. Bogotá: WWF-Colombia. 31 pp.

ICONTEC. (2004). NTC 5316 - condiciones ambientales térmicas de inmuebles para personas. Bogota Colombia: Icontec.

IDEAM, P. 2. (2015). *Nuevos escenarios de cambio climatico para colombia 2011-2100 herramientas cientificas para la toma de decisiones-enfoque nacional-departamnetal*. In departamento nacional de planeacion (p. 60). Bogota: ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

ISO. (2005). *ISO-7730 Determinacion analitica e interpretación del bienestar termico mediante el calculo de los indices PMV y PPD y los criterios de bienestar termico local*. AENOR.

META, A. M. (2018, JUNIO). Alcaldía Acacias Meta. Retrieved from <http://www.acacias.gov.co/publicaciones/145/historia--de-acacias/>

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2014). Plan Sectorial de Mitigación para el sector vivienda y desarrollo territorial. Bogotá, Colombia.

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2015). Resolución 0549 . Parámetros y lineamientos de construcción sostenible. Bogotá, Colombia.

Mondelo, P. R., Torada, E. G., Vilella, E. C., Úriz, S. C., & Lacambra, E. B. (2004). Ergonomía 2: confort y estrés térmico (Vol. 2). Universitat Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica.

Oliveira, R. D., Vilela, C. T. D. S., Souza, R. V. G., & Silva, R. M. Análise Do Desempenho Térmico De Envoltórias Em Concreto No Brasil.

San Juan, G. A. (2013). Diseño bioclimático como aporte al proyecto arquitectónico. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

Sostenible, P. S. T. (2014). Sostenible 2014-2018.

Standard, A. S. H. R. A. E. (2003). 62.2, 2004, “Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings,”. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA.

CONGRESO DE COLOMBIA (14 de julio de 2017) Ley por medio de la cual se aprueba el “Acuerdo de París”, adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París, Francia [Ley 1844 de 2017]. DO 50.294.

CONGRESO DE COLOMBIA (27 diciembre de 2000) Ley por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997 [Ley 629 de 2000]. DO 44.272.

CONGRESO DE COLOMBIA (28 de octubre de 1994) Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992. [Ley 164 de 1994]. DO 41.575

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (Febrero 24 de 2016), Decreto por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones" [Decreto 298 de 2016].

Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia Departamento Nacional de Planeación. (2011). CONPES 3700. Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia.